

ESTUDO DE SENSIBILIDADE DOS PARÂMETROS QUE INFLUENCIAM A QUANTIFICAÇÃO DAS NECESSIDADES DE ARREFECIMENTO

FILIPPE ROBALINHO FREITAS

Relatório de Projecto submetido para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES CIVIS

Orientador: Professor Vasco Peixoto Freitas

FEVEREIRO DE 2008

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2007/2008

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2007/2008 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2008*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

À minha namorada, Mariana
À minha mãe, Maria Madalena
À minha avó, Maria dos Anjos
À mãezinha, Maria de Fátima

Parar no tempo é morrer.

Teófilo J. Robalinho

AGRADECIMENTOS

Desejo expressar o meu profundo reconhecimento e gratidão ao Prof. Vasco Peixoto de Freitas, pela orientação por ele recebida, pela pertinência dos seus comentários, assim como pelo seu constante incentivo.

Gostaria também de agradecer à Prof.^a Helena Corvacho por todo o apoio, material bibliográfico e disponibilidade concedida.

RESUMO

Actualmente, os edifícios são caracterizados como altamente consumidores de energia, em que as condições de conforto são, por vezes, atingidas com recurso a sistemas mecânicos de climatização. No entanto, inicia-se neste momento, a introdução de uma nova filosofia. Esta fundamentada na ideia de que é possível a obtenção de condições de conforto térmico no interior das habitações minimizando a utilização de energias de origem fóssil e tirando o máximo partido da energia solar.

O presente estudo visa avaliar a influência de determinados parâmetros e características solares de uma habitação na quantificação das necessidades de arrefecimento da mesma, criando assim uma base de dados e de informação que poderá constituir um elemento chave para uma correcta avaliação e previsão do comportamento térmico dos edifícios em Portugal continental.

Atendendo ao tempo disponibilizado para a sua realização, este estudo não incidiu sobre todos os factores influentes mas apenas sobre determinadas características e parâmetros relacionados com a envolvente exterior, os quais se apresentam de seguida:

- Localização da habitação;
- Orientação da habitação;
- Superfície envidraçada da habitação;
- Factor solar do vão envidraçado;
- Inércia térmica da habitação;
- Coeficiente de absorção solar da envolvente opaca.

Inicialmente criou-se uma base de dados que englobou moradias e apartamentos tipo, os quais foram submetidos a uma metodologia de cálculo. Metodologia essa, que consistiu numa primeira fase em variar individualmente os parâmetros e características da habitação, e posteriormente variar a partir de um conjunto de combinações entre os mesmos. Quanto aos restantes parâmetros e características que não constituem parte deste estudo, considerou-se atribuir-lhes um valor de referência inalterável, tendo-se adoptado valores sugeridos pela regulamentação actualmente em vigor. Aplicada a metodologia, organizaram-se os resultados em matrizes e tabelas de modo a facilitar a interpretação dos resultados e das suas conclusões.

No final do estudo, expõe-se uma metodologia onde são definidas e classificadas soluções exigências de vãos envidraçados para o Verão, a partir da adaptação de um documento técnico francês, onde é abordado o factor solar e respectivas protecções solares dos vãos envidraçados.

PALAVRAS-CHAVE: Necessidades de arrefecimento, ganhos solares, envidraçados e envolvente opaca.

ABSTRACT

At present, the buildings are characterized like tall consumers of energy, in which the conditions of comfort are, by times reached by acclimation mechanical devices. However, it begins at this moment, the introduction of a new philosophy. This one based on the idea of which there is possible getting conditions of thermal comfort in the interior of the dwellings minimizing to use of energies of origin fossil and taking away the maximum broken from the solar energy.

This essay tries to evaluate the influence of some solar parameters and characteristics of a building in its cooling needs quantification allowing the creation of a data base, which might become a key element in the correct analysis and prediction of building thermal performance in Portugal.

Bringing in mind the given time to do this project, it only concerns specific characteristics and parameters related to the exterior involving, which are:

- Building localization
- Building orientation
- Glass area
- Solar factor
- Thermal mass capacity
- Solar absorption factor of opaque involving

Initially a data base was created involving prototype houses and apartments, which were submitted to a calculation methodology that consisted firstly on varying individually the building parameters and characteristics and secondly on varying the same parameters and characteristics but from a set of combinations. As far has other parameters and characteristics that aren't analyzed in this project are concerned, they have a fixed reference value, which is suggested by present regulation. According to the methodology, the results were organized on a matrix and tables in order to facilitate the results analysis and to reach conclusions.

In the last part of this project and according to the adaptation of a French technical document the glass areas characteristics were approached in relation to the solar factor and shading protections.

KEY-WORDS: Cooling needs, solar gains, glass areas and opaque involving.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. PREÂMBULO / ENQUADRAMENTO.....	1
1.2. OBJECTIVO E ESTRUTURA DO TRABALHO.....	4
2. QUANTIFICAÇÃO DAS NECESSIDADES DE ARREFECIMENTO	5
3. CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA E SELECÇÃO DAS FRACÇÕES TIPO A ANALISAR.....	9
3.1. CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA.....	9
3.2. SELECÇÃO DAS FRACÇÕES TIPO	10
4. ESTUDO DE SENSIBILIDADE	17
4.1. DESCRIÇÃO DOS PARÂMETROS	17
4.2. METODOLOGIA – DESCRIÇÃO DAS SIMULAÇÕES	20
4.3. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	21
4.3.1. SIMULAÇÕES COM VARIAÇÃO INDIVIDUAL DOS PARÂMETROS.....	22
4.3.1.1. FRACÇÃO TIPO I.A.....	22
4.3.1.2. FRACÇÃO TIPO I.B.....	22
4.3.1.3. FRACÇÃO TIPO II.....	23
4.3.2. SIMULAÇÕES COM COMBINAÇÃO ENTRE PARÂMETROS	23
4.3.2.1. FRACÇÃO TIPO I.a.....	24
4.3.2.2. FRACÇÃO TIPO I.b.....	29
4.3.2.3. FRACÇÃO TIPO II.....	34
4.3.3. SIMULAÇÕES COM VARIAÇÃO DO FACTOR SOLAR DO VÃO ENVIDRAÇADO- g_{\perp}	39
4.3.3.1. FRACÇÃO TIPO I.a.....	40

4.3.3.2. FRACÇÃO TIPO I.b	42
4.3.3.3. FRACÇÃO TIPO II	44

5. RECOMENDAÇÕES

49

5.1. DESCRIÇÃO DE PARÂMETROS E METODOLOGIA.....	49
---	----

5.2. APLICAÇÃO.....	51
---------------------	----

6. CONCLUSÃO

53

Bibliografia

55

Anexos

A1

ANEXO 1 – PLANTAS DAS FRACÇÕES QUE CONSTITUEM A BASE DE DADOS.....	A1
--	----

ANEXO 2 – QUADROS DE VALORES RELATIVOS A GRÁFICOS	A19
---	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1 – Balanço energético de uma fracção autónoma para a estação de arrefecimento	6
Fig. 3.1 – Variação da orientação das fracções - apartamento	10
Fig. 3.2 – Relação N_{vc}/N_v para os apartamentos em nove localizações diferentes	12
Fig. 3.3 – Variação da orientação das fracções (apartamentos)	13
Fig. 3.4 – Variação da inércia térmica das fracções, conjugada com a variação da orientação (apartamentos)	13
Fig. 3.5 – Relação N_{vc}/N_v para as moradias em nove localizações diferentes	14
Fig. 3.6 – Variação da orientação das fracções (moradias)	14
Fig. 3.7 – Variação da inércia térmica das fracções, conjugada com a variação da orientação (moradias)	15
Fig. 4.1 – Zonas climáticas seleccionadas (esq. I_2V_1 – centro: I_2V_2 – dir. I_2V_3) [10]	19
Fig. 4.2 – Matriz de valores da Fracção tipo I.a	22
Fig. 4.3 – Matriz de valores da Fracção tipo I.b	22
Fig. 4.4 – Matriz de valores da Fracção tipo II	23
Fig. 4.5 – Matriz de valores para um $g_{\perp \text{ máx}}$	40
Fig. 4.6 – Matriz de valores para um $g_{\perp}=0,25$	40
Fig. 4.7 – Matriz de valores para um $g_{\perp}=0,04$	40
Fig. 4.8 – Matriz de valores para um $g_{\perp \text{ máx}}$	42
Fig. 4.9 – Matriz de valores para um $g_{\perp}=0,25$	42
Fig. 4.10 – Matriz de valores para um $g_{\perp}=0,04$	42
Fig. 4.11 – Matriz de valores para um $g_{\perp \text{ máx}}$	46
Fig. 4.12 – Matriz de valores para um $g_{\perp}=0,25$	46
Fig. 4.13 – Matriz de valores para um $g_{\perp}=0,04$	46
Fig. 5.1 – Agrupamento das orientações equivalentes	50

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1 – Valores limites para as necessidades nominais de arrefecimento (Nv)	5
Quadro 2.2 – Descrição das perdas e dos ganhos segundo a metodologia do RCCTE.....	7
Quadro 3.1 – Localização dos concelhos e respectivas zonas climáticas	12
Quadro 3.2 – Fracções tipo.....	16
Quadro 4.1 – Factor Solar dos vãos envidraçados – máximos admissíveis	20
Quadro 4.2 – Factor Solar dos vãos envidraçados – valores considerados	21
Quadro 4.3 – Parâmetros e respectivas simulações	21
Quadro 4.4 – Configurações tipo das disposições dos envidraçados	22
Quadro 4.5 – Escala de cores e respectivos intervalos de valores	23
Quadro 4.6 – Variação da disposição dos envidraçados.....	24
Quadro 4.7 – Variação da zona climática de Verão combinada com a anterior.....	24
Quadro 4.8 – Variação da área de envidraçados combinada com as anteriores.....	25
Quadro 4.9 – Variação da inércia térmica combinada com as anteriores	26
Quadro 4.10 – Variação do coeficiente de absorção solar combinada com as anteriores	27
Quadro 4.11 – Quadro resumo – fracção I.a	28
Quadro 4.12 – Variação da disposição dos envidraçados.....	29
Quadro 4.13 – Variação da zona climática de Verão combinada com a anterior.....	29
Quadro 4.14 – Variação da área de envidraçados combinada com as anteriores.....	30
Quadro 4.15 – Variação da inércia térmica combinada com as anteriores	31
Quadro 4.16 – Variação do coeficiente de absorção solar combinada com as anteriores	32
Quadro 4.17 – Quadro resumo – fracção I.b	33
Quadro 4.18 – Variação da disposição dos envidraçados.....	34
Quadro 4.19 – Variação da zona climática de Verão combinada com a anterior.....	34
Quadro 4.20 – Variação da área de envidraçados combinada com as anteriores.....	35
Quadro 4.21 – Variação da inércia térmica combinada com as anteriores	36
Quadro 4.22 – Variação do coeficiente de absorção solar combinada com as anteriores	38
Quadro 4.23 – Quadro resumo – fracção II	38
Quadro 4.24 – Variação do factor solar do vão envidraçado – fracção I.a.....	39
Quadro 4.25 – Variação do factor solar do vão envidraçado – fracção I.b.....	44
Quadro 4.26 – Variação do factor solar do vão envidraçado – fracção II.....	47
Quadro 5.1 – Classificação dos vãos envidraçados	50

Quadro 5.2 – Parâmetros intervenientes.....	51
Quadro 5.3 – Protecção solar de vãos envidraçados	52

INTRODUÇÃO

1.1. PREÂMBULO / ENQUADRAMENTO

A habitação foi, durante milénios, uma conjugação entre materiais disponíveis, tecnologias dominadas e conceitos estéticos longamente maturados, tudo isto, harmoniosamente moldado pelos factores climáticos. Factores esses que foram a causa da adaptação das habitações de forma a aproveitar ao máximo as energias disponíveis localmente como o vento, o sol, entre outros, e tudo isto na tentativa de dotar essas habitações de condições de conforto térmico.

Após o início da revolução industrial, e mais tarde com a progressiva electrificação do território, que se foi abandonando a harmonia existente entre a construção da habitação e a própria natureza. A disponibilidade de grandes reservas de energia fóssil barata e que se julgavam ilimitadas, levou por um lado ao abandono do aproveitamento doméstico da energia solar e outras, e por outro, tornaram disponíveis uma série de materiais e técnicas que tornaram a habitação completamente desligada do contexto climático em que se insere, tornando-a mesmo excessivamente dependente do factor energético para manter padrões aceitáveis de conforto. [1]

A situação do nosso país é conhecida como de extrema dependência das energias fósseis, petróleo, gás natural e carvão, com as fraquezas que tal situação nos aporta. Neste contexto e tendo em conta o peso crescente do consumo de energia doméstica no total nacional, torna-se pois urgente começar a equacionar, seriamente, o aumento do uso da energia solar no conforto dos lares portugueses, pois para a maior parte do território nacional, se o edifício for inicialmente bem concebido, as necessidades energéticas são desprezáveis, não se justificando de modo algum o recurso a aparelhos de climatização, cujo número de instalações tem vindo a crescer de uma forma preocupante nos últimos anos. [2]

Torna-se portanto muito importante intervir neste sector no sentido de reverter a tendência de aumento dos gastos energéticos e permitir a criação de um “equilíbrio saudável” viável na construção, racionalizando a utilização dos recursos.

Numa tentativa de antever o comportamento futuro, ao nível do conforto proporcionado e dos consumos de energia, os estudos da influência de parâmetros e características climáticos sobre o desempenho energético começaram a ser alvo de preocupação por parte dos projectistas, iniciando assim uma nova era no sector, a “era bioclimática”. Como exemplo destaca-se a Arquitectura Bioclimática, que pode ser definida como a projecção e construção de um edifício tendo em conta a análise do contexto climático em que este se insere, promovendo consequentemente uma melhoria das condições de conforto e uma minimização do consumo energético.

Portugal encontra-se numa posição extremamente vantajosa em termos climatéricos para a prática da filosofia bioclimática, mas para tal a sensibilização e encorajamento dos cidadãos é essencial, para desmistificar a ideia de que o bem estar está relacionado com o esbanjamento de recursos e contribuindo também para uma maior sustentabilidade e eficiência na exploração dos edifícios.

A título de curiosidade e para quantificar a influência do sector da construção no desgaste ambiental, é sabido que a nível europeu cerca de 50% dos recursos materiais retirados da natureza e 50% dos resíduos produzidos em cada país estão relacionados com o sector da construção. Em paralelo, cerca de 40% do consumo de energia na Europa está relacionado com os gastos em edifícios. Por estes motivos, o sector da construção tem evoluído no sentido de adoptar e favorecer medidas que minimizem os seus gastos energéticos e os impactos ambientais no meio ambiente, promovendo assim um urbanismo sustentável. [3]

A sustentabilidade na construção passa por três medidas essenciais:

- Em primeiro lugar, a melhoria dos projectos em termos de eficiência energética, diminuindo as suas necessidades em iluminação, ventilação e climatização artificiais;
- Em segundo lugar, a substituição do consumo de energia convencional por energia renovável, não poluente e gratuita;
- Finalmente, em terceiro lugar, a utilização de materiais locais, preferencialmente materiais de fontes renováveis ou com possibilidade de reutilização e que minimizem o impacto ambiental.

Em suma, a eficiência energética de um edifício será cada vez mais um factor preponderante que fará a diferença, pois um edifício é considerado energeticamente mais eficiente do que outro no desempenho das mesmas funções quando, proporcionando as mesmas condições de conforto, consome menos energia. [4]

A questão da sustentabilidade e da preservação ambiental começou a ser questionada quando se começou a falar não só da escassez de combustíveis fósseis, mas também do aquecimento global, provocado em grande parte pela emissão de gases de estufa como o CO₂.

Por este motivo, e desde que se tomou consciência deste problema, esforços têm sido feitos para diminuir este tipo de emissões, nomeadamente através do protocolo de Quioto, quer no sector dos transportes, quer no sector da energia, dois dos sectores mais problemáticos.

O Protocolo de Quioto impõe um tecto nas emissões para a atmosfera de CO₂ e outros gases responsáveis pelo aumento do efeito de estufa e que contribuem para o aquecimento global. Cada Estado signatário do Protocolo obrigou-se a tomar as medidas necessárias para limitar a produção destes gases no seu território e assim reduzir as emissões dos mesmos, de tal modo que os níveis de emissão no período de cumprimento 2008-2012 sejam os de 1990.

Através da Resolução do Conselho de Ministros nº 154/2001, de 19 de Outubro, o governo português adoptou formalmente o Programa E4 (Eficiência Energética e Energias Endógenas) com o objectivo de *"...pela promoção da eficiência energética e da valorização das energias endógenas, contribuir para a melhoria e modernização da nossa sociedade, salvaguardando simultaneamente a qualidade de vida das gerações vindouras pela redução de emissões, em particular do CO₂, responsável pelas alterações climáticas"*. O Programa E4 assume-se, assim, como um importante instrumento na estratégia para as alterações climáticas, dando um contributo decisivo no sentido do cumprimento das obrigações que Portugal assumiu ao subscrever o Protocolo de Quioto. [5]

No entanto, Portugal não arranca do zero na área dos edifícios. O primeiro texto legislativo na área da Térmica de Edifícios foi aprovado em 1990, pelo Decreto-Lei n.º 40/90 de 6 de Fevereiro, sob a designação de Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) - e entrou em vigor em 1991. Portugal foi dos últimos Países da Europa Comunitária a dispor de um regulamento sobre esta matéria, pelo que a versão de 1990 reflecte a experiência adquirida noutros países atendendo à especificidade climática do nosso país. Foi, no entanto, inovador nos aspectos ligados ao conforto no Verão, tendo sido o primeiro regulamento europeu a impor requisitos de protecção solar nos vãos envidraçados, para além da redução das necessidades de aquecimento e arrefecimento nos novos edifícios.

Na sua formulação, o RCCTE estabeleceu requisitos mínimos de qualidade térmica dos edifícios, quer ao nível dos coeficientes de transmissão térmica dos elementos opacos da envolvente, quer das protecções solares dos envidraçados no Verão, requisitos estes dependentes das zonas climáticas. Importa salientar o papel do RCCTE pela forma como contribuiu para a utilização generalizada de isolamento térmico e de vidros duplos nos edifícios e para a melhoria da envolvente dos edifícios e a sua qualidade geral.

A primeira versão do RCCTE foi considerada por alguns como pouco exigente mas, logo de início esteve sempre subjacente que, num prazo de 5 anos, este seria objecto de revisão no sentido do aumento do grau de exigência.

A revisão do Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios pretendeu dar resposta, quer às mudanças verificadas no nosso país relativamente aos hábitos de consumo de energia no sector dos edifícios, quer à necessidade de implementação da Directiva Europeia, relativa ao desempenho energético dos edifícios - 2002/91/CE, de 16 de Dezembro de 2002. Esta recomenda a *“melhoria do desempenho energético dos edifícios”* tendo como objectivo final a contenção dos consumos energéticos do sector. Os hábitos de consumo de energia no sector dos edifícios têm vindo a sofrer alterações profundas nos diferentes países da Comunidade Europeia. Segundo a Directiva, deverá dar-se prioridade a estratégias que contribuam para melhorar o comportamento térmico dos edifícios durante o Verão e desenvolver-se ainda mais as técnicas de arrefecimento passivo, principalmente as que permitem melhorar a qualidade do ambiente interior dos edifícios.

Por outro lado, a Directiva Europeia estabelece que os Estados Membros deverão proceder à elaboração de regulamentos que conduzam à redução dos consumos energéticos nos edifícios bem como à sua revisão periódica de 5 em 5 anos e, se necessário, à actualização dos mesmos a fim de reflectirem o progresso técnico no sector.

A presente versão do RCCTE (Decreto - Lei n.º 80/2006 de 4 de Abril de 2006) [6] aplica-se a cada uma das fracções autónomas de todos os novos edifícios de habitação e de todos os novos edifícios de serviços, de modo a que, sem dispêndio excessivo de energia, sejam satisfeitas as exigências relativas ao conforto térmico, à qualidade do ar no interior dos edifícios e às necessidades de águas quentes sanitárias.

1.2. OBJECTIVO E ESTRUTURA DO TRABALHO

O objectivo principal deste trabalho, tal como o título indica, consiste na avaliação da influência de diversos factores na quantificação das necessidades de arrefecimento. Será determinado a influência de determinados parâmetros e características solares pertencentes à envolvente exterior das habitações, assim como serão tidos em conta a localização geográfica das mesmas. Serão analisados dois tipos específicos de habitações: habitações inseridas em edifícios colectivos e habitações inseridas em moradias unifamiliares. A partir de um conjunto de simulações onde se fez variar todos os factores em análise, numa primeira fase individualmente e posteriormente a partir de um conjunto de combinações entre os mesmos, obteve-se um conjunto de resultados que permitirá avaliar o comportamento térmico das habitações e assim antecipar conclusões relativas ao conforto térmico *versus* necessidades de arrefecimento, para as diferentes condições simuladas.

Deste modo, pretende-se que este estudo atinja o objectivo de constituir uma base de dados e de informação para uma correcta avaliação e previsão do comportamento térmico das habitações em Portugal continental. A concepção desta ideia/metodologia, aplicada a todos os factores influentes no comportamento térmico virá a ser útil e vantajoso pois irá possibilitar a classificação das habitações a nível energético assim como determinar de antemão as possíveis combinações de factores que levariam a situações desfavoráveis, ou seja iria funcionar como um pré-dimensionamento térmico.

Relativamente à estrutura do presente trabalho, este encontra-se dividido em seis capítulos.

No presente Capítulo 1, foi feito o enquadramento do tema assim como a descrição do objectivo do trabalho e a metodologia utilizada para alcançar tal objectivo.

No Capítulo 2, apresenta-se genericamente a metodologia de cálculo para a quantificação das necessidades de arrefecimento segundo o RCCTE [6] actualmente em vigor.

No Capítulo 3, apresenta-se a base de dados criada para apoio ao estudo de sensibilidade, assim como as considerações tomadas e o critério de selecção das fracções tipo simuladas no mesmo estudo.

No Capítulo 4, dá-se início ao estudo de sensibilidade propriamente dito. Descrevem-se os parâmetros analisados, as simulações e combinações consideradas, apresentando os resultados das mesmas sob a forma de matrizes e tabelas.

No Capítulo 5 apresenta-se uma proposta, a validar posteriormente, da aplicação de uma metodologia estabelecida num documento francês, onde são descritas e classificadas soluções exigências de vãos envidraçados para o Verão, abordando o desempenho dos envidraçados equipados de protecções solares.

No Capítulo 6, os objectivos inicialmente definidos são confrontados com os resultados e são apresentadas as conclusões do estudo.

2

QUANTIFICAÇÃO DAS NECESSIDADES DE ARREFECIMENTO

Como objecto de análise e comparação dos desempenhos energéticos de fracções autónomas, recorreu-se à quantificação das necessidades nominais de arrefecimento, isto é, a quantificação da energia útil que é necessário retirar à fracção para manter permanentemente no seu interior a temperatura de referência (25°C) para a estação de arrefecimento.

Para garantir um determinado nível de conforto e de sustentabilidade energética, tornou-se necessário limitar as necessidades de arrefecimento para as fracções autónomas. Segundo o Artigo 6.º do Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE –D.L. nº 80/2006 de 4 de Abril de 2006) [6], *“cada fracção autónoma de um edifício abrangido por este regulamento não pode, como resultado da sua morfologia, da qualidade térmica da sua envolvente e tendo em conta a existência de ganhos solares e internos, exceder um valor máximo admissível das necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento, N_v .”*

Assim, para garantir a verificação do RCCTE torna-se necessário que, para cada fracção autónoma, os valores das necessidades nominais de arrefecimento não excedam os respectivos valores máximos admissíveis.

$$N_{vc} \leq N_v \quad (1)$$

Os valores limites impostos pelo RCCTE para as necessidades nominais de arrefecimento (N_v) expressos em função da zona climática de Verão, encontram-se definidos no Artigo 15º do actual regulamento [6] e são apresentados de seguida no Quadro 2.1.

Quadro 2.1 – Valores limites para as necessidades nominais de arrefecimento (N_v)

Zona climática	N_v (kWh/m ² .ano)
V_1 – norte	16
V_1 – sul	22
V_2 – norte	18
V_2 – sul	32
V_3 – norte	26
V_3 – sul	32

Note-se que os valores limites das necessidades nominais de energia útil para arrefecimento foram estabelecidos com base em estudos paramétricos levados a cabo para as diferentes zonas climáticas de Verão e para diversas tipologias de fracções autónomas, ou seja, diferentes factores de forma.

Relativamente à determinação das necessidades de arrefecimento de cálculo (Nvc), a quantificação precisa das necessidades de arrefecimento de um espaço, dada a natureza altamente dinâmica dos fenómenos térmicos em causa, só é possível por meio de simulação dinâmica detalhada. Face à complexidade desta metodologia, e até considerada indesejada para o RCCTE, recorre-se a um método simplificado de cálculo, devidamente validado a nível europeu e descrito no Anexo V do RCCTE [6].

A metodologia aplicada para a quantificação das necessidades de arrefecimento de cálculo (Nvc) baseia-se no balanço energético das fracções, ou seja, da resultante dos fluxos térmicos que se criam numa fracção. De uma maneira geral, o balanço energético representado na Fig. 2.1, contabiliza os fluxos térmicos que se desenvolvem ao longo da envolvente e do interior para o exterior da fracção, definidos como perdas térmicas, contabilizando também os fluxos térmicos que se desenvolvem ao longo da envolvente e do exterior para o interior da fracção, definidos como ganhos térmicos.

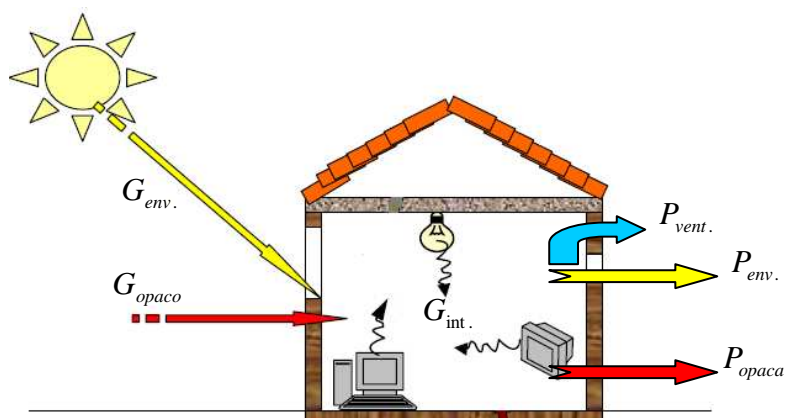


Fig. 2.1 Balanço energético de uma fracção autónoma para a estação de arrefecimento [adaptado7]

Os fluxos térmicos que se desenvolvem do interior para o exterior, denominados de perdas térmicas, são originados pelo facto de a temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento ser inferior à temperatura interior de referência (25°C). Assim sendo, pode-se englobar como perda térmica do balanço energético de uma fracção, as perdas por transmissão de elementos pertencentes à envolvente exterior (paredes, pavimentos, coberturas e envidraçados) podendo ou não, encontrar-se em contacto com o solo, assim como as perdas associadas à ventilação e renovação do ar.

Relativamente aos ganhos térmicos, englobam-se nestes os ganhos solares a partir da envolvente opaca e dos envidraçados, e os ganhos internos da fracção provenientes da iluminação, dos equipamentos e dos próprios ocupantes da fracção.

De maneira a organizar e resumir todas as parcelas intervenientes no balanço energético, apresenta-se de seguida o Quadro 2.2 assim como as equações (2) e (3).

Quadro 2.2 – Descrição das perdas e dos ganhos segundo a metodologia do RCCTE [adaptado8]

P E R D A S	Transmissão	Envolvente opaca exterior	P_{opaca}
		Vãos envidraçados exteriores	$P_{env.}$
	Ventilação	Natural ou Mecânica	P_{vent}
G A N H O S	Internos	Ocupantes, equipamentos e iluminação	G_{int}
	Solares	Envolvente opaca exterior	G_{opaca}
		Vãos envidraçados exteriores	$G_{env.}$

$$G = G_{opaca} + G_{env.} + G_{int.} \quad [kWh] \quad (2)$$

$$P = G_{opaca} + G_{env.} + G_{vent.} \quad [kWh] \quad (3)$$

Voltando à quantificação das necessidades de arrefecimento de cálculo (Nvc), esta passa numa primeira fase por quantificar o balanço energético no Verão de uma dada fracção a partir da diferença entre os ganhos e perdas térmicas, traduzindo o resultado em ganhos totais brutos (Q_g).

$$Q_g = \sum G - \sum P \quad [kWh] \quad (4)$$

Para a quantificação das necessidades de arrefecimento de cálculo (Nvc), resta afectar os ganhos totais brutos, anteriormente definidos, de um factor de utilização dos ganhos solares (η). Factor esse que é determinado em função da inércia térmica do edifício e da relação entre os ganhos totais brutos e as perdas térmicas. Para uma análise mais pormenorizada deste factor aconselha-se uma leitura do Anexo IV do RCCTE [6].

Descrita a metodologia de cálculo de um modo genérico, apresenta-se a equação base da quantificação das necessidades de arrefecimento.

$$N_{ve} = Q_g (1 - \eta) / A_p \quad [\text{kWh/m}^2 \cdot \text{ano}] \quad (5)$$

η - factor de utilização dos ganhos;

A_p - área útil de pavimento;

Q_g - ganhos totais brutos.

3

CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA E SELECÇÃO DAS FRACÇÕES TIPO A ANALISAR

3.1. CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

Para criação da base de dados deste estudo e atendendo às duas tipologias diferentes em análise, recorreu-se a 17 projectos térmicos, relativos a 12 apartamentos e 5 moradias, e realizados sob as orientações da versão anterior à regulamentação actualmente em vigor. Utilizando apenas a tipologia e as disposições geométricas reais das fracções de cada projecto, adoptaram-se como valores dos parâmetros e características térmicas os valores de referência definidos no actual Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios [6]. Atendendo que nem todos os parâmetros e características térmicas se encontram referenciados no regulamento, tornou-se necessário adoptar determinadas considerações para garantir a uniformização das fracções que constituem a base de dados.

Assim sendo, descreve-se de seguida as considerações tomadas:

- Localização na cidade do Porto com uma altitude relativamente baixa;
- Orientação da fachada mais envidraçada para Norte;
- Ausência de obstruções exteriores ao edifício ou criadas por elementos do edificio;
- Envidraçados constituídos por vidro duplo incolor com 5mm de caixa-de-ar;
- Persiana exterior de cor clara como protecção solar dos vãos envidraçados;
- Razão entre área de envidraçados e área útil de pavimento igual a 20%;
- Ventilação natural em todos os compartimentos, com taxa de renovação horária nominal de 0,85/h, contabilizando um exaustor na cozinha com funcionamento intermitente;
- Habitações com inércia térmica interior classificada de forte;
- Coeficiente de transmissão térmica de referência para elementos da envolvente (U_{ref});
- Coeficiente de transmissão térmica da porta de entrada ($U_{porta} = 3,5 \text{ W/m}^2\text{C}$);
- Coeficiente de transmissão térmica das pontes térmicas planas igual ao dobro do coeficiente de transmissão térmica dos elementos homólogos, verticais e horizontais, em zona corrente ($U_{pt} = 2 \cdot U_{corrente}$);
- Coeficiente de transmissão térmica linear para pontes térmicas lineares ($\psi = 0,5 \text{ W/m}^2\text{C}$), excepto para a caixa de estore, ombreiras e padieiras que adoptarão um $\psi = 0$;
- Para elementos em contacto com espaços não aquecidos, considerou-se um valor de $\tau = 0,7$ para a contabilização destas perdas;

- Cor clara para as superfícies exteriores da envolvente, adoptando assim o respectivo coeficiente de absorção solar ($\alpha = 0,4$);
- Em relação aos apartamentos, considerou-se que estes possuiriam duas fachadas exteriores opostas e se situariam em pisos intermédios entre espaços aquecidos.

Remete-se para o Anexo 1, as plantas esquemáticas das fracções que constituem esta base de dados.

3.2. SELECÇÃO DAS FRACÇÕES TIPO

Atendendo às tipologias tipo em análise e ao conjunto de factores e simulações a realizar, tornou-se necessário definir uma fracção tipo, representativa de cada tipologia (apartamento e moradia) para facilitar a execução das simulações, a organização, apresentação e comparação dos resultados.

Como metodologia para a selecção da fracção tipo, tentou-se analisar de um modo superficial a instabilidade das fracções relativamente à envolvente opaca e envidraçada. Para tal, optou-se por submeter toda a base de dados (constituída pelas 17 fracções) à variação da orientação da fachada principal, da inércia térmica e da localização geográfica da habitação, com o intuito de encontrar a fracção mais instável à variação destes três factores. Assim sendo, considerou-se a fracção mais instável como a mais desfavorável e consequentemente como uma fracção tipo. Aplicada a metodologia definiu-se uma fracção tipo para cada uma das tipologias em análise no presente estudo.

Antes de proceder à aplicação da metodologia de selecção das fracções tipo, achou-se pertinente analisar a influência da variação da orientação nas fracções de modo a determinar a orientação mais desfavorável para as condições de Verão, isto é, a que induz maiores consumos de energia de arrefecimento (Necessidades nominais de cálculo - Nvc), e assim restringir a variação da orientação para apenas uma, a mais desfavorável.

Determinado o valor de Nvc para os 12 apartamentos relativamente às oito variações da orientação consideradas, apresenta-se seguidamente a Figura 3.1 onde são representados os mesmos valores. Alinhados na vertical encontram-se representados os pontos referentes a uma fracção para as oito orientações. Os pontos com a mesma orientação encontram-se ligados por uma linha de cor referente à orientação. Remete-se para o Anexo 2 os respectivos valores representados para cada fracção.

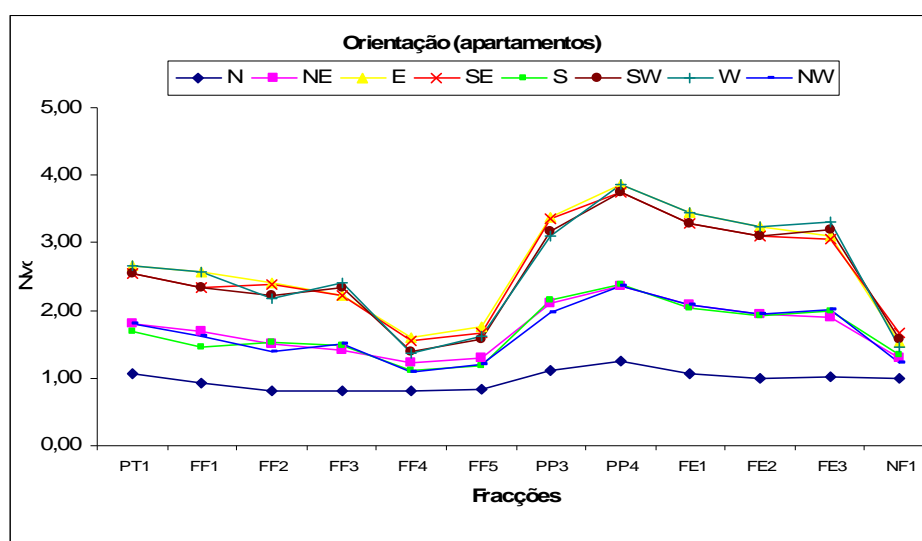


Fig. 3.1 Variação da orientação das fracções – apartamento

Observando a Figura 3.1, verifica-se que as orientações Este, Sudeste, Sudoeste e Oeste são as que induzem maiores consumos de energia. Recorrendo ao RCCTE [6] e analisando os valores dos parâmetros como o factor de orientação (X_o) e a intensidade da radiação (I_r), e suas respectivas influências no valor final (N_{vc}), constata-se que as orientações Sudeste e Sudoeste possuem valores que possivelmente agravariam qualquer simulação. Atendendo que uma fachada orientada para Sudoeste é fortemente ensolarada no período mais quente do dia (a meio da tarde) numa estação de Verão, pode-se assumir que a orientação Sudoeste é a mais desfavorável.

Definida a orientação mais desfavorável, uma outra simulação considerada para a selecção das fracções tipo consiste na variação da inércia térmica. Relativamente a esta simulação optou-se por considerar uma variação de uma inércia forte para uma inércia fraca, com o intuito de observar a instabilidade das fracções em relação a este parâmetro.

Abordando agora a variação da localização geográfica da habitação, considerou-se importante para esta metodologia de selecção, analisar a influência da localização atendendo que a sua variação implica a modificação da respectiva zona climática assim como dos parâmetros e características térmicas de referência definidos anteriormente no início do presente capítulo. Esta consideração possibilitará a escolha de uma fracção tipo, representativa da base de dados, válida para todo o território nacional, possibilitando também a visualização da fracção mais instável para todas as zonas climáticas.

O processo de escolha das localizações tentou englobar todas as combinações possíveis entre as três zonas climáticas de Inverno e as três zonas climáticas de Verão. Como apoio à escolha das nove localizações, analisou-se a base de dados existente no actual regulamento (Quadro III.I do Anexo III [6]), relativa à distribuição dos concelhos de Portugal continental segundo as zonas climáticas e correspondentes dados climáticos de referência, e seleccionaram-se as nove localizações representativas de cada combinação de zona climática de Inverno e Verão.

Note-se que o processo de selecção das localizações teve como princípio o agrupamento dos concelhos em relação ao número de graus-dias (GD) e consequente determinação dos percentis 10%, 50% e 90%, o que levou à definição das nove localizações. Ora tal consideração foi tomada pelo facto de a fase inicial do trabalho ter-se realizado em conjunto com um outro trabalho relativo ao estudo de sensibilidade para a estação de aquecimento – Inverno. Para analisar de uma forma mais correcta a influência da localização geográfica para a estação de arrefecimento, a selecção das nove localizações deveria ter tido em conta os dados descritos no Quadro III.I do Anexo III do actual regulamento [6] relativos à temperatura externa do projecto e à amplitude térmica.

Justificada a selecção das nove localizações consideradas para a simulação referente à metodologia de selecção das fracções tipo, apresenta-se no Quadro 3.1 as devidas localizações, assim como os respectivos concelhos e distritos.

Quadro 3.1 – Localização dos concelhos e respectivas zonas climáticas

Zona climática	Concelho	Distrito
I ₁ V ₃	Albufeira	Faro
I ₁ V ₂	Campo Maior	Portalegre
I ₁ V ₁	Sintra	Lisboa
I ₂ V ₃	Vila Nova da Barquinha	Santarém
I ₂ V ₂	Guimarães	Braga
I ₂ V ₁	Vouzela	Viseu
I ₃ V ₃	Pampilhosa da Serra	Coimbra
I ₃ V ₂	Trancoso	Guarda
I ₃ V ₁	Melgaço	Viana do Castelo

Definida a orientação mais desfavorável, a inércia térmica e o conjunto de localizações geográficas, é possível neste momento submeter todas as fracções que compõem a base de dados a uma variação destes três factores e assim observar a influência dos mesmos nas fracções.

Para a comparação de consumos entre fracções recorreu-se ao quociente entre as Necessidades nominais de cálculo (Nvc) e o valor limite das Necessidades nominais de energia útil para arrefecimento (Nv) definido no Artigo 15º do actual regulamento [6], pelo facto deste último variar directamente com a alteração de zona climática.

Antes de apresentar os resultados das simulações anteriormente definidas, apresenta-se na Figura 3.2 a situação de referência para os apartamentos, relacionando o quociente anteriormente definido com as localizações representativas das diferentes zonas climáticas do território nacional. Remete-se para o Anexo 2 os respectivos valores representados para cada fracção que constitui a base de dados, assim como os relativos às duas simulações realizadas e seguidamente apresentadas.

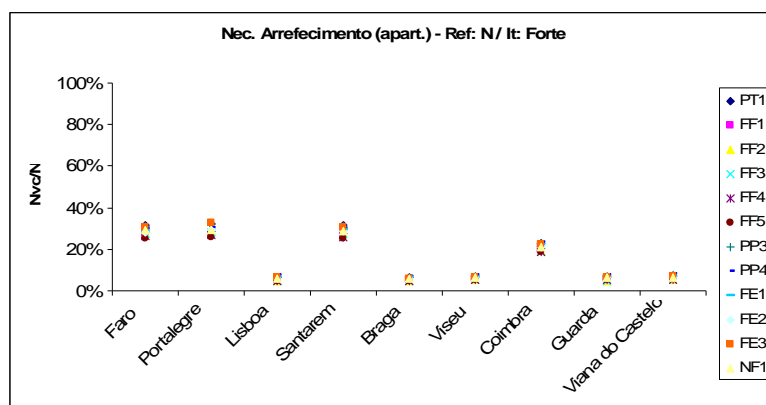


Fig. 3.2 Relação Nvc/Nv para os apartamentos em nove localizações diferentes

Observando a Fig. 3.2, verifica-se que para as condições de referência, os valores do quociente Nvc/Nv não ultrapassam os 40%. Verifica-se também que para as mesmas condições, as fracções não

apresentam valores muito diferentes, sendo possível definir um intervalo de valores relativamente curto que possibilite englobar todas as fracções para uma mesma localização. Seguidamente apresenta-se a Figura 3.3 representativa da variação de orientação para Sudoeste (SW) considerada como a mais desfavorável. Imediatamente a seguir apresenta-se a Figura 3.4 representativa da variação da inércia térmica conjugada com a variação da orientação considerada anteriormente.

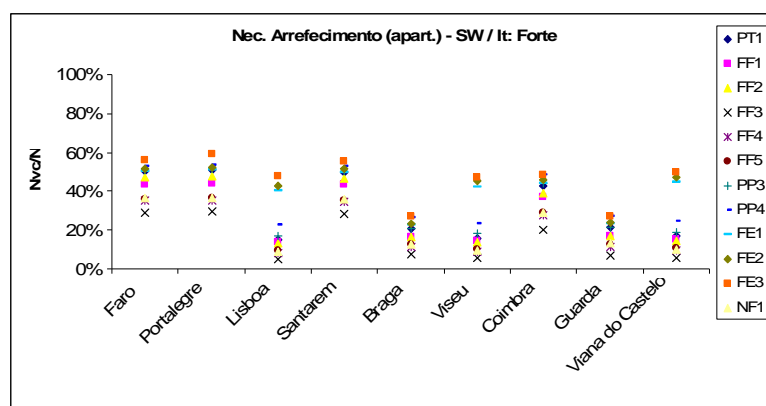


Fig. 3.3 Variação da orientação das fracções (apartamentos)

Observando a Fig 3.3 verifica-se um aumento dos valores relativos ao quociente Nvc/Nv , atingindo valores máximos na ordem dos 60%. Analisando a figura verifica-se já uma abertura do intervalo de valores, para uma mesma localização, entre a fracção com menor e maior valor de quociente Nvc/Nv . Note-se também que já se destaca superiormente a fracção denominada FE3.

Por último, apresenta-se a Fig. 3.4 representativa da variação da inércia térmica conjugada com a variação da orientação considerada anteriormente.

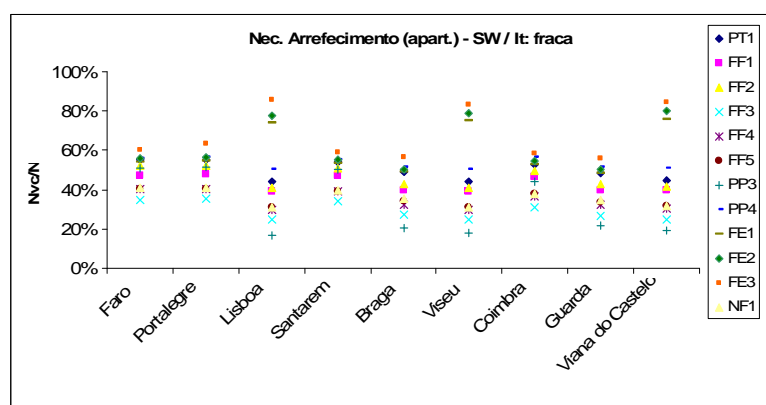


Fig. 3.4 Variação da inércia térmica das fracções, conjugada com a variação da orientação (apartamentos)

Analisando a variação das necessidades de arrefecimento (Nvc) em todas as fracções e para estas duas simulações conjugadas, constata-se que a fracção denominada de FE3, destaca-se claramente em relação às restantes, independentemente da sua localização face aos concelhos considerados, atingindo valores máximos entre os 60% e os 90%. Atendendo à sua instabilidade perante a variação destes três

parâmetros (inércia térmica, orientação e localização geográfica), pode-se definir esta fracção como sendo, para esta tipologia, a fracção mais desfavorável e assim classificá-la como uma fracção tipo representativa da base de dados.

A mesma metodologia foi aplicada para a outra tipologia, as moradias. Antes de apresentar os resultados das simulações anteriormente definidas, apresenta-se na Figura 3.5 a situação de referência para as moradias, relacionando o quociente N_{vc}/N_v com as localizações representativas das diferentes zonas climáticas do território nacional. Remete-se para o Anexo 2 os respectivos valores representados para cada fracção que constitui a base de dados, assim como os relativos às duas simulações realizadas e seguidamente apresentadas.

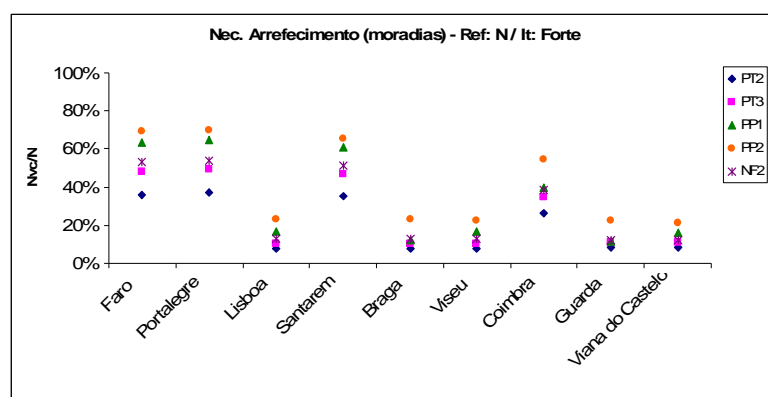


Fig. 3.5 Relação N_{vc}/N_v para as moradias em nove localizações diferentes

Observando a Fig. 3.5, verifica-se que para as condições de referência, os valores do quociente N_{vc}/N_v são substancialmente superiores aos apresentados para os apartamentos, o que se compreende atendendo à tipologia em questão, que possui uma maior envolvente em contacto com o exterior e consequentemente um maior factor de forma. Verifica-se também que entre as 5 moradias, para uma mesma localização, os valores encontram-se mais distanciados, o que é justificado pela grande variabilidade geométrica das moradias. Consta-se que a moradia denominada de PP2 apresenta valores superiores relativamente às restantes.

Seguidamente apresenta-se a Figura 3.6 representativa da variação de orientação para Sudoeste (SW) considerada como a mais desfavorável.

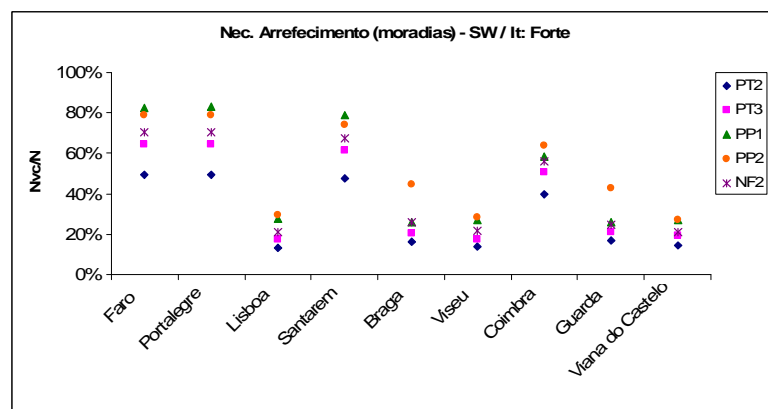


Fig. 3.6 Variação da orientação das fracções (moradias)

Observando a Fig 3.6 verifica-se um ligeiro aumento dos valores relativos ao quociente N_{vc}/N_v , atingindo máximos da ordem dos 80%. Para determinadas localizações a fracção mais desfavorável mantém-se como sendo a PP2 mas observa-se, para três localizações, o destaque da fracção PP1.

Por último, apresenta-se a Fig. 3.7 representativa da variação da inércia térmica conjugada com a variação da orientação considerada anteriormente.

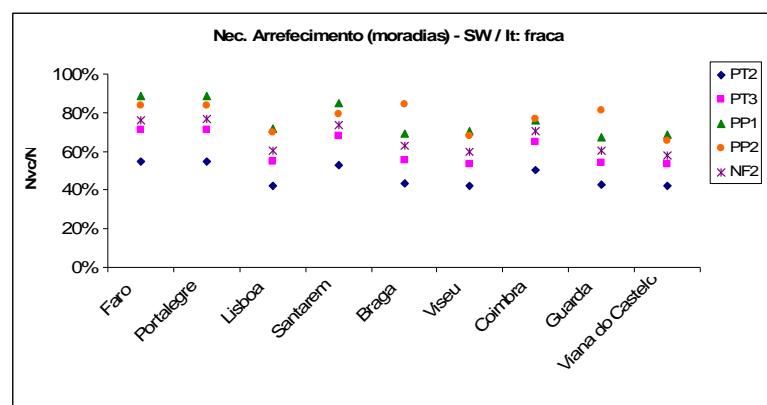


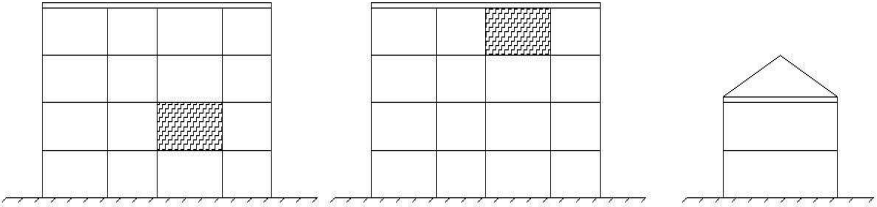
Fig. 3.7 Variação da inércia térmica das fracções, conjugada com a variação da orientação (moradias)

Relativamente a esta tipologia (moradias) verifica-se que não existe unanimidade em relação à fracção mais desfavorável. Analisando a variação dos valores relativos ao quociente N_{vc}/N_v em todas as fracções e para estas duas simulações conjugadas, constata-se que a fracção denominada de PP2, destaca-se claramente em relação às restantes em apenas duas localizações. Quanto às restantes localizações verifica-se uma alternância e proximidade entre a mesma fracção PP2 e uma outra, a PP3. Atendendo à sua instabilidade perante a variação destes três parâmetros (inércia térmica, orientação e localização geográfica), optou-se por considerar como a moradia mais instável a fracção PP2 e assim classificá-la como a fracção tipo representativa da base de dados para esta tipologia.

Face ao definido anteriormente, o estudo de sensibilidade realizar-se-á sobre duas tipologias, uma moradia e um apartamento. Em relação à fracção tipo apartamento e tendo em atenção as considerações tomadas no início deste capítulo, onde se assumia que a fracção se situaria em pisos intermédios e entre espaços aquecidos, considerou-se ainda adoptar uma outra fracção tipo, semelhante à esta mas com a particularidade de esta se situar no último piso, ou seja, com uma cobertura em contacto directo com o exterior. Esta última consideração tem como finalidade assumir uma configuração mais desfavorável atendendo às características da estação de Verão. Note-se que esta última fracção assume também as considerações de referência descritas no início do presente capítulo.

Em suma, o estudo de sensibilidade realizar-se-á sobre duas tipologias diferentes mas analisando três fracções tipo. Apresenta-se de seguida um quadro resumo (Quadro 3.2) com uma representação esquemática da localização e tipologia de cada fracção tipo.

Quadro 3.2 – Fracções tipo

Tipologia	Apartamento		Morada
Referência da fracção tipo	I.a	I.b	II
Representação			

4

ESTUDO DE SENSIBILIDADE

No presente capítulo, dá-se início ao estudo de sensibilidade propriamente dito. Descrevem-se os parâmetros analisados, as simulações e combinações consideradas, apresentando ainda os resultados das mesmas sob a forma de matrizes e tabelas.

4.1. DESCRIÇÃO DOS PARÂMETROS

Tal como mencionado anteriormente, o presente estudo visa avaliar a influência de diversos factores na quantificação das necessidades de arrefecimento. Será determinado a influência de parâmetros e características solares pertencentes à envolvente exterior das habitações, recorrendo a um conjunto de simulações.

Os parâmetros em relação aos quais se realizaram as simulações são os seguintes:

- Localização geográfica da habitação;
- Orientação da habitação;
- Superfície envidraçada da habitação;
- Factor solar do vão envidraçado;
- Inércia térmica da habitação;
- Coeficiente de absorção solar da envolvente opaca.

Dados climáticos dependem directamente da localização geográfica de uma habitação, que por sua vez interferem directamente na quantificação das necessidades de arrefecimento. Atendendo que o território nacional é caracterizado por um zonamento climático de Inverno e Verão, e que cada um dos zonamentos é constituído por três zonas climáticas (I_1, I_2, I_3 e V_1, V_2, V_3), achou-se relevante realizar um levantamento, a nível do continente, de um concelho representativo de cada combinação entre as zonas climáticas das duas estações, definindo assim nove localizações diferentes que foram já descritas anteriormente no Quadro 4.1 do presente estudo.

Posteriormente, constatou-se que determinados parâmetros ($U_{ref.}$), assumidos inicialmente como os de referência, iriam variar conforme a zona climática de Inverno fosse alterada, o que iria dificultar a compreensão dos resultados obtidos. Como tal, considerou-se analisar a variação da zona climática de Verão para apenas uma zona climática de Inverno. Optou-se por seleccionar a zona climática I_2 , por ser uma zona climática representativa da região Litoral Norte e Centro, Interior Centro e da região de transição entre estas duas. Na Figura 4.1 representam-se as regiões consideradas.

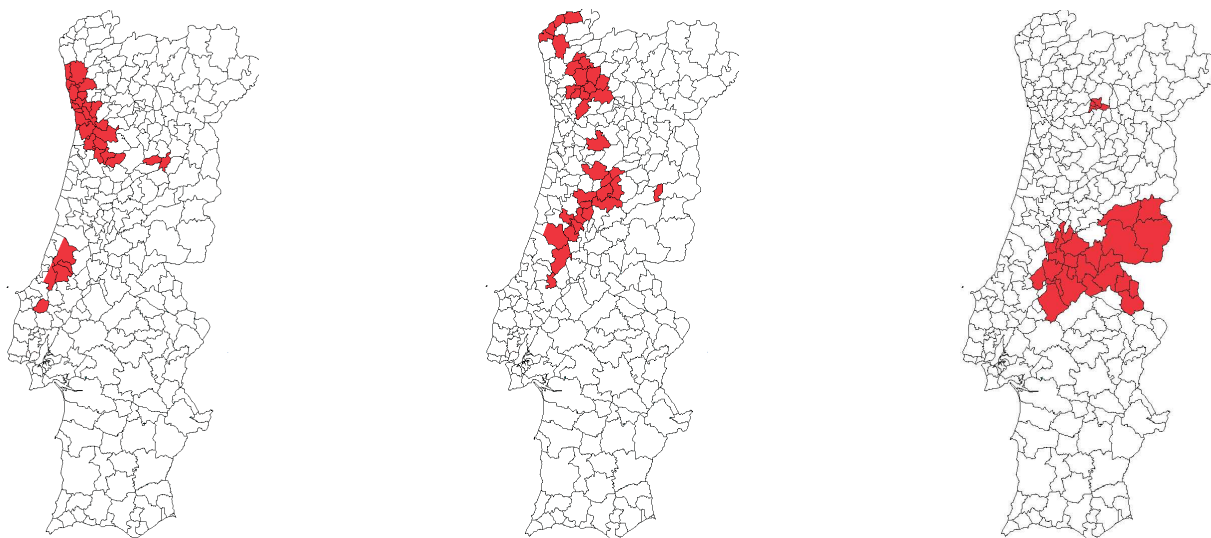


Fig. 4.1 Zonas climáticas seleccionadas (esq. I2V1 – centro: I2V2 – dir. I2V3) [10]

Relativamente à orientação, assumiu-se como situação de referência que a fachada com maior área de envidraçado estaria orientada para Norte. Para análise da influência da orientação considerou-se induzir uma rotação sequencial de 45° para cada uma das situações a simular até perfazer os 360° , com o intuito de avaliar a preponderância dos ganhos solares pelos envidraçados e envoltente opaca.

Respeitante à envoltente opaca, considerou-se analisar apenas a influência de dois parâmetros relacionados com a capacidade de absorção, retenção e armazenamento da energia proveniente da radiação solar. Atendendo aos inúmeros parâmetros que influenciam as características térmicas da envoltente opaca, adoptou-se avaliar a influência da inércia térmica da habitação assim como a influência da cor do revestimento exterior da habitação. Em relação à inércia térmica, induziu-se uma variação de inércia forte para uma inércia média ou fraca. Quanto à cor do revestimento exterior da envoltente opaca, considerou-se uma variação da cor clara para uma cor média ou escura, o que equivale a considerar uma variação do coeficiente de absorção solar de 0,4 para um coeficiente de 0,5 e 0,8 respectivamente.

Abordando agora a parte envidraçada, analisou-se a variação da área dos vãos envidraçados, assim como a alternância do factor solar do vão envidraçado para três situações diferentes. Como valores para o factor solar (g_{\perp}), considerou-se adoptar para uma das situações, o máximo admissível definido no Quadro IX.2 do Anexo IX do RCCTE [6], valor esse que depende do tipo de inércia térmica e da zona climática de Verão. Apresenta-se de seguida o Quadro 4.1, onde se expõem os valores máximos admissíveis ($g_{\perp \text{ máx}}$).

Quadro 4.1 – Factor Solar dos vãos envidraçados – máximos admissíveis

$g_{\perp \text{ máx}}$	Zona climática		
	V ₁	V ₂	V ₃
Inércia			
Forte	0,56		0,50
Média	0,56		0,50
Fraca	0,15		0,10

Para as outras duas situações, considerou-se como situação intermédia a sugestão referida no ponto 2.2 do Anexo V do RCCTE [6], onde é incluído um dispositivo móvel de protecção solar interior ou exterior, activado a 70%, isto é, o factor solar do vão envidraçado é quantificado a partir de uma média ponderada entre o factor solar do vidro que constitui o envidraçado (30%) e o factor solar do vão com a protecção totalmente activada (70%). Por último, e como situação extrema, considerou-se que o vão envidraçado encontrar-se-ia com a protecção solar totalmente activada, tendo-se recorrido aos valores referenciados no Quadro V.4 do Anexo V do RCCTE [6].

Atendendo às características do vidro admitido no início deste estudo e às considerações até aqui descritas, apresenta-se de seguida o Quadro 4.2, que resume os valores adoptados para o factor solar do vão atendendo às três simulações a analisar.

Quadro 4.2 – Factor Solar dos vãos envidraçados – valores considerados

Simulações	g_{\perp}	* Quadro 4.1
	$g_{\perp \text{ máx}}^*$	
	0,25	
	0,04	

Relativamente à superfície envidraçada, assumiu-se uma variação percentual para a razão entre a área de envidraçado e a área de pavimento útil da fracção. As percentagens consideradas foram 10%, 15%, 20% e 25%.

Para resumir e agrupar todas as considerações adoptadas neste capítulo relativamente aos parâmetros em análise, apresenta-se o Quadro 4.3, onde são destacados os valores de referência inicialmente assumidos.

Quadro 4.3 – Parâmetros e respectivas simulações

		Simulações			
Parâmetros	Localização (zona climática)	I ₂ V ₁	I ₂ V ₂		I ₂ V ₃
	Orientação	N	NE	NW	E
		S	SE	SW	W
	Superfície envidraçada	10%	15%	20%	25%
	Factor solar do vão env.	0,04	0,25		g _L máx
	Inércia térmica	Fraca	Média		Forte
	Coeficiente absorção	0,4	0,5		0,8

4.2. METODOLOGIA - DESCRIÇÃO DAS SIMULAÇÕES

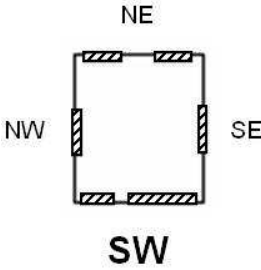
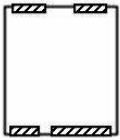
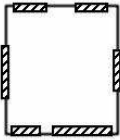
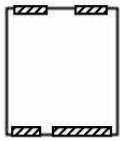
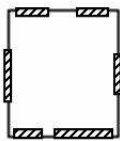
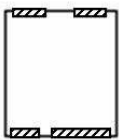
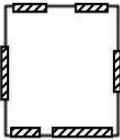
A metodologia utilizada para a avaliação da influência dos parâmetros na quantificação das necessidades de arrefecimento consistiu em submeter as três fracções tipo a um conjunto de simulações onde se fizeram variar os parâmetros em análise para os valores anteriormente definidos. A metodologia pode ser descrita a partir da enumeração das três fases que a constituem. Note-se que a última fase deveu-se à consideração, já na fase final, de um parâmetro adicional (o factor solar do vão envidraçado) para além dos analisados nas duas primeiras fases e que não constava na estrutura inicial do estudo.

Numa primeira fase, considerou-se apenas uma variação individual dos parâmetros mantendo os restantes nos valores de referência, criando assim uma matriz onde se registaram os valores obtidos para cada simulação.

Numa segunda fase, progrediu-se no estudo e consideraram-se combinações entre os parâmetros, possibilitando assim a representação das mais diversas situações. Face ao elevado número de combinações possíveis entre parâmetros, considerou-se limitar as simulações referentes à orientação. Reduziu-se a variação da orientação para apenas uma, a orientação mais desfavorável (SW) determinada e devidamente justificada no capítulo 3. Atendendo à diversidade de áreas e disposições dos envidraçados das fracções que constituem a base de dados, consideraram-se três configurações tipo representativas de uma situação favorável, intermédia e desfavorável para o caso do Verão.

Em suma, variou-se a organização e disposição dos envidraçados nas fachadas, tal como é visível no Quadro 4.4, onde se descrevem as configurações tipo para as três situações consideradas e a orientação de referência para esta segunda fase do estudo.

Quadro 4.4 – Configurações tipo das disposições dos envidraçados

Configuração	Fracção tipo			Orientação
	I.a	I.b	II	
Favorável	75%		62,5%	
		12,5%		
Intermédia	25%		12,5%	
	50%		25%	
		25%		
	50%		25%	
Desfavorável	25%		12,5%	
		12,5%		
	75%		62,5%	

Regressando à combinação de parâmetros efectuados nesta segunda fase do estudo. A lógica deste passo consiste em considerar todas as combinações possíveis entre parâmetros, a partir da variação de um parâmetro, seguido da variação de outro, e assim sucessivamente mantendo todas as variações anteriores.

Iniciando o processo, realizou-se a variação da disposição dos envidraçados tal como descrito no Quadro 4.4, seguida da variação da zona climática, área de envidraçados, inércia térmica e por fim do coeficiente de absorção solar da envolvente opaca. Para uma fácil percepção da sequência das simulações, criaram-se tabelas onde são descritas as respectivas sequências de simulações e onde são apresentados os resultados.





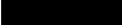
Note-se que para evitar um sobrecarregamento das tabelas, na passagem de um parâmetro para outro apenas se apresentam as combinações extremas dos parâmetros anteriores. Neste caso, relativamente à inércia térmica, teríamos como situações extremas as denominadas de forte e fraca. No entanto, e atendendo que o tipo de construção actualmente em vigor no nosso país não é de todo definido como uma construção com inércia fraca, optou-se por não contabilizar a inércia fraca como uma combinação extrema, mas sim a inércia térmica média.

Por último, numa terceira fase consideraram-se os resultados obtidos nas duas fases anteriores (variação individual e variação combinada dos parâmetros), e variou-se o parâmetro relativo ao factor solar dos vãos envidraçados para as três situações consideradas no Quadro 4.3. A forma de apresentação dos resultados manteve-se.

4.3. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Descritos os parâmetros e as simulações consideradas, resta apresentar os resultados da metodologia aplicada. Os resultados de cada simulação são representados a partir da razão entre as necessidades de arrefecimento de cálculo (N_{vc}) referente a cada simulação e o respectivo valor máximo admissível (N_v) definido no actual RCCTE [6]. Considerou-se a quantificação deste quociente com o objectivo de entender directamente se a situação simulada é ou não regulamentar, isto é, se o quociente é ou não inferior a 100%, assim como qualificar a existência de alguma margem entre os dois valores. Quanto à qualificação dessa margem, e para facilitar a interpretação dos resultados, optou-se por atribuir uma cor a cada valor consoante a margem existente. Definiram-se cinco cores que foram atribuídas a cinco intervalos de valores para o quociente N_{vc}/N_v , anteriormente definido. Apresenta-se de seguida no Quadro 4.5, a escala de cores e o respectivo balizamento de valores, aplicado aos quadros e matrizes de resultados.

Quadro 4.5 – Escala de cores e respectivos intervalos de valores

N_{vc}/N_v	
0%-25%	
25%-50%	
50%-75%	
75%-100%	
$\geq 100\%$	

Seguidamente, apresentar-se-ão as matrizes e tabelas de resultados obtidos para cada fracção tipo e segundo a organização da metodologia descrita.

4.3.1. SIMULAÇÕES COM VARIAÇÃO INDIVIDUAL DOS PARÂMETROS

Os resultados relativos à primeira fase da metodologia aplicada à base de dados, são apresentados sob a forma de uma matriz simétrica. Nesta fase do estudo realizou-se uma variação de um parâmetro mantendo os restantes nos respectivos valores de referência. Para total preenchimento da matriz tornou-se necessário variar um segundo parâmetro. Atendendo que a matriz de resultados é simétrica, optou-se por representar toda a matriz com o intuito de facilitar a visualização gráfica e a interpretação dos resultados. Seguidamente apresentam-se as matrizes de resultados para as três fracções tipo. Note-se que os valores localizados em células cinzentas representam a situação de referência.

4.3.1.1. Fracção tipo I.a

Apresenta-se a matriz de valores relativos à variação individual dos parâmetros para a Fracção I.a.

Nvc/Nv		I2			It			Aenv. /Ap				α			orientações							
		V1	V2	V3	Forte	média	fraca	10%	15%	20%	25%	0,4	0,5	0,8	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
I2	V1				6%	16%	27%	6%	6%	6%	7%	6%	7%	11%	6%	12%	19%	19%	12%	20%	21%	13%
	V2				6%	15%	25%	5%	6%	6%	6%	6%	7%	11%	6%	11%	18%	18%	11%	19%	19%	12%
	V3				31%	33%	36%	27%	29%	31%	32%	31%	33%	41%	31%	41%	52%	51%	42%	52%	53%	42%
It	Forte	6%	6%	31%				6%	6%	6%	7%	6%	7%	11%	6%	12%	19%	19%	12%	20%	21%	13%
	média	16%	15%	33%				14%	15%	16%	17%	16%	18%	24%	16%	25%	35%	34%	25%	36%	36%	26%
	fraca	27%	25%	36%				24%	25%	27%	29%	27%	29%	37%	27%	38%	50%	49%	39%	50%	51%	39%
Aenv./Ap	10%	6%	5%	27%	6%	14%	24%					6%	7%	12%	6%	9%	12%	12%	9%	12%	13%	9%
	15%	6%	6%	29%	6%	15%	25%					6%	7%	12%	6%	10%	16%	15%	10%	16%	17%	11%
	20%	6%	6%	31%	6%	16%	27%					6%	7%	11%	6%	12%	19%	19%	12%	20%	21%	13%
	25%	7%	6%	32%	7%	17%	29%					7%	8%	11%	7%	14%	24%	23%	14%	24%	25%	14%
α	0,4	6%	6%	31%	6%	16%	27%	6%	6%	6%	7%				6%	12%	19%	19%	12%	20%	21%	13%
	0,5	7%	7%	33%	7%	18%	29%	7%	7%	7%	8%				7%	14%	22%	21%	14%	23%	23%	15%
	0,8	11%	11%	41%	11%	24%	37%	12%	12%	11%	11%				11%	20%	30%	29%	20%	31%	33%	21%
Orientações	N	6%	6%	31%	6%	16%	27%	6%	6%	6%	7%	6%	7%	11%								
	NE	12%	11%	41%	12%	25%	38%	9%	10%	12%	14%	12%	14%	20%								
	E	19%	18%	52%	19%	35%	50%	12%	16%	19%	24%	19%	22%	30%								
	SE	19%	18%	51%	19%	34%	49%	12%	15%	19%	23%	19%	21%	29%								
	S	12%	11%	42%	12%	25%	39%	9%	10%	12%	14%	12%	14%	20%								
	SW	20%	19%	52%	20%	36%	50%	12%	16%	20%	24%	20%	23%	31%								
	W	21%	19%	53%	21%	36%	51%	13%	17%	21%	25%	21%	23%	33%								
	NW	13%	12%	42%	13%	26%	39%	9%	11%	13%	14%	13%	15%	21%								

Fig. 4.2 Matriz de valores da Fracção tipo I.a

4.3.1.2. Fracção tipo I.b

Apresenta-se a matriz de valores relativos à variação individual dos parâmetros para a Fracção I.b.

Nvc/Nv		I2			It			Aenv. /Ap				α			orientações							
		V1	V2	V3	Forte	média	fraca	10%	15%	20%	25%	0,4	0,5	0,8	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
I2	V1				9%	22%	36%	9%	9%	9%	10%	9%	13%	28%	9%	15%	23%	22%	16%	23%	24%	16%
	V2				9%	21%	34%	9%	9%	9%	10%	9%	13%	29%	9%	15%	22%	22%	15%	22%	23%	15%
	V3				42%	45%	49%	39%	40%	42%	44%	42%	50%	72%	42%	53%	63%	63%	53%	64%	65%	54%
It	Forte	9%	9%	42%				9%	9%	9%	10%	9%	13%	28%	9%	15%	23%	22%	16%	23%	24%	16%
	média	22%	21%	45%				20%	21%	22%	23%	22%	28%	48%	22%	31%	41%	41%	32%	42%	43%	32%
	fraca	36%	34%	49%				35%	36%	36%	38%	36%	43%	67%	36%	47%	59%	59%	48%	60%	61%	48%
Aenv./Ap	10%	9%	9%	39%	9%	20%	35%					9%	14%	34%	9%	13%	17%	16%	13%	17%	18%	14%
	15%	9%	9%	40%	9%	21%	36%					9%	13%	31%	9%	14%	20%	19%	14%	20%	21%	15%
	20%	9%	9%	42%	9%	22%	36%					9%	13%	28%	9%	15%	23%	22%	16%	23%	24%	16%
	25%	10%	10%	44%	10%	23%	38%					10%	13%	28%	10%	17%	27%	26%	18%	27%	28%	18%
α	0,4	9%	9%	42%	9%	22%	36%	9%	9%	9%	10%				9%	15%	23%	22%	16%	23%	24%	16%
	0,5	13%	13%	50%	13%	28%	43%	14%	13%	13%	13%				13%	20%	29%	28%	20%	30%	30%	21%
	0,8	28%	29%	72%	28%	48%	67%	34%	31%	28%	28%				28%	39%	52%	51%	40%	54%	56%	42%
Orientações	N	9%	9%	42%	9%	22%	36%	9%	9%	9%	10%	9%	13%	28%								
	NE	15%	15%	53%	15%	31%	47%	14%	15%	17%	15%	15%	20%	39%								
	E	23%	22%	63%	23%	41%	59%	17%	20%	23%	27%	23%	29%	52%								
	SE	22%	22%	63%	22%	41%	59%	16%	19%	22%	26%	22%	28%	51%								
	S	16%	15%	53%	16%	32%	48%	13%	14%	16%	18%	16%	20%	40%								
	SW	23%	22%	64%	23%	42%	60%	17%	20%	23%	27%	23%	30%	54%								
	W	24%	23%	65%	24%	43%	61%	18%	21%	24%	28%	24%	30%	56%								
	NW	16%	15%	54%	16%	32%	48%	14%	15%	16%	18%	16%	21%	42%								

Fig. 4.3 Matriz de valores da Fracção tipo I.b

Analisando estas duas fracções que apenas diferem na existência ou não de uma cobertura, constata-se que para a variação de um qualquer parâmetro, as necessidades de arrefecimento não ultrapassam o limite regulamentar. Verifica-se que surgem valores consideráveis quando na variação de um parâmetro é considerada a zona climática V₃, uma inércia térmica fraca ou um coeficiente de absorção solar relativo à uma cor escura para envolvente opaca. Note-se também, que a fracção tipo I.b possui valores superiores aos valores obtidos pela fracção I.a, o que era de esperar atendendo que esta última não possui uma envolvente opaca horizontal - cobertura.

4.3.1.3. Fracção tipo II

Apresenta-se a matriz de valores relativos à variação individual dos parâmetros para a Fracção II.

Nvc/Nv	I2			It			Aenv. /Ap				α			orientações							
	V1	V2	V3	Forte	média	fraca	10%	15%	20%	25%	0,4	0,5	0,8	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
I2	V1			22%	41%	59%	15%	18%	22%	26%	22%	28%	49%	22%	25%	25%	26%	24%	30%	30%	28%
	V2			23%	41%	57%	15%	19%	23%	28%	23%	29%	52%	23%	26%	26%	28%	25%	32%	32%	31%
	V3			66%	68%	71%	51%	58%	66%	73%	66%	73%	96%	66%	70%	70%	72%	68%	76%	76%	74%
It	Forte	22%	23%	66%			15%	18%	22%	26%	22%	28%	49%	22%	25%	25%	26%	24%	30%	30%	28%
	média	41%	41%	68%			30%	35%	41%	47%	41%	48%	72%	41%	44%	45%	46%	43%	50%	50%	49%
	fraca	59%	57%	71%			44%	52%	59%	66%	59%	67%	94%	59%	63%	63%	65%	61%	70%	69%	68%
Aenv./Ap	10%	15%	15%	51%	15%	30%	44%				15%	20%	41%	15%	16%	17%	17%	15%	18%	19%	18%
	15%	18%	19%	58%	18%	35%	52%				18%	24%	45%	18%	20%	21%	21%	19%	24%	24%	23%
	20%	22%	23%	66%	22%	41%	59%				22%	28%	49%	22%	25%	25%	26%	24%	30%	30%	28%
	25%	26%	28%	73%	26%	47%	66%				26%	32%	54%	26%	29%	30%	31%	28%	36%	36%	34%
	0,4	22%	23%	66%	22%	41%	59%	15%	18%	22%	26%			22%	25%	25%	26%	24%	30%	30%	28%
α	0,5	28%	29%	73%	28%	48%	67%	20%	24%	28%	32%			28%	31%	32%	33%	29%	37%	37%	35%
	0,8	49%	52%	96%	49%	72%	94%	41%	45%	49%	54%			49%	55%	56%	56%	51%	62%	62%	60%
	N	22%	23%	66%	22%	41%	59%	15%	18%	22%	26%	22%	28%	49%							
Orientações	NE	25%	26%	70%	25%	44%	63%	16%	20%	25%	29%	25%	31%	55%							
	E	25%	26%	70%	25%	45%	63%	17%	21%	25%	30%	25%	32%	56%							
	SE	26%	28%	72%	26%	46%	65%	17%	21%	26%	31%	26%	33%	56%							
	S	24%	25%	68%	24%	43%	61%	15%	19%	24%	28%	24%	29%	51%							
	SW	30%	32%	76%	30%	50%	70%	18%	24%	30%	36%	30%	37%	62%							
	W	30%	32%	76%	30%	50%	68%	19%	24%	30%	36%	30%	37%	62%							
	NW	28%	31%	74%	28%	49%	68%	18%	23%	28%	34%	28%	35%	60%							

Fig. 4.4 Matriz de valores da Fracção tipo II

Analisando a fracção relativa à moradia, verifica-se que para uma combinação entre a zona climática V₃, inércia fraca e a orientação SW ou W, atingem-se valores elevados, aproximando-se alguns do valor limite regulamentar. Observa-se ainda que a fracção em questão, atinge valores relativamente baixos mas apenas para uma área de envidraçados inferior ou igual a 20% da área útil de pavimento, combinada com uma inércia forte ou evitando a zona climática mais desfavorável (V₃) ou um cor escura para a envolvente opaca ($\alpha=0,8$).

Comparativamente às fracções do tipo I, observa-se um aumento geral dos restantes valores da matriz, o que se justifica pelo facto de uma moradia possuir uma maior envolvente exterior, o que leva a um maior factor forma.

4.3.2. SIMULAÇÕES COM COMBINAÇÃO ENTRE PARÂMETROS

Abordando a segunda fase da metodologia aplicada à base de dados, os resultados são apresentados sob a forma de quadros de valores, onde são descritas as sequências de simulações e respectivos valores obtidos para o quociente N_{vc}/N_v . Inicialmente, realizou-se a variação da disposição dos envidraçados tal como descrito no Quadro 4.4, seguida da variação da zona climática, área de envidraçados, inércia térmica e por fim do coeficiente de absorção solar da envolvente opaca. Para evitar um sobrecarregamento dos quadros, apenas se apresentam as combinações extremas das simulações anteriores. Os resultados obtidos foram também classificados segundo a escala de cor definida anteriormente no Quadro 4.5. Seguidamente apresentam-se os resultados para as três fracções.

4.3.2.1. Fracção tipo I.a

Apresenta-se o quadro de valores relativo à variação da disposição dos envidraçados, tal como descrito anteriormente no Quadro 4.4.

Quadro 4.6 – Variação da disposição dos envidraçados

Disposição	N_{vc}/N_v
Favorável	14,4%
Intermédia	16,3%
Desfavorável	18,4%

Observando o quadro apresentado verifica-se um ligeiro aumento das necessidades de arrefecimento mas mantendo-se no intervalo de valores da categoria de cor verde, o que se justifica pelo facto de esta fracção se encontrar num piso intermédio.

Apresenta-se de seguida o quadro de valores relativo à combinação da variação da disposição dos envidraçados com a alternância da zona climática de Verão.

Quadro 4.7 – Variação da zona climática de Verão combinada com a anterior

Disposição	Zona climática	N_{vc}/N_v
Favorável	V1	14,4%
	V2	14,9%
	V3	47,1%
Intermédia	V1	16,3%
	V2	17,1%
	V3	50,0%
Desfavorável	V1	18,4%
	V2	19,4%
	V3	52,9%

Observando o Quadro 4.7, é possível verificar que a zona climática V_3 influencia negativamente o valor das necessidades de arrefecimento. Comparando as zonas climáticas V_1 e V_2 não se observam diferenças de valor significativas.

Apresenta-se de seguida o quadro de valores relativo à variação da área de envidraçado, combinada com a disposição e zona climática de Verão.

Quadro 4.8 – Variação da área de envidraçados combinada com as anteriores

Disposição	Zona climática	Aenv/Ap	N _{vc} /N _v
Favorável	V1	10%	10,1%
		15%	12,2%
		20%	14,4%
		25%	16,3%
	V3	10%	36,7%
		15%	41,9%
		20%	47,1%
		25%	52,0%
Desfavorável	V1	10%	11,0%
		15%	14,2%
		20%	18,4%
		25%	21,0%
	V3	10%	38,8%
		15%	45,6%
		20%	52,9%
		25%	58,9%

Nos últimos dois quadros apresentados, observa-se um aumento considerável das necessidades de arrefecimento em relação à zona climática V₃. Quanto ao aumento da área envidraçada, esta variação induz um aumento gradual sem atingir valores preocupantes. Relativamente à disposição dos envidraçados, não se verifica grande diferença entre valores de uma disposição favorável e desfavorável.

Apresenta-se o quadro de valores relativo à variação da inércia térmica, combinada com a variação dos parâmetros anteriores.

Quadro 4.9 – Variação da inércia térmica combinada com as anteriores

Disposição	Zona climática	Aenv/Ap	Inércia	N_{vo}/N_v
Favorável	V1	10%	Média	21,1%
			Forte	10,1%
		25%	Média	31,4%
			Forte	16,3%
	V3	10%	Média	38,5%
			Forte	36,7%
		25%	Média	54,0%
			Forte	52,0%
Desfavorável	V1	10%	Média	22,6%
			Forte	11,0%
		25%	Média	37,6%
			Forte	21,0%
	V3	10%	Média	40,6%
			Forte	38,8%
		25%	Média	60,7%
			Forte	58,9%

Para a zona climática V_1 verifica-se na passagem da inércia média para forte, uma diminuição considerável das necessidades, observando-se uma redução para aproximadamente metade do valor inicial. Relativamente à zona climática V_3 , a influência da inércia térmica não é tão significativa.

Até ao momento a variação das áreas envidraçadas não afectou consideravelmente os valores das necessidades relativas a V_1 , enquanto que para V_3 já se verifica um aumento substancial com o aumento da área de envidraçados.

Apresenta-se o quadro de valores relativo à variação do coeficiente de absorção solar da envolvente opaca, combinada com a variação dos parâmetros anteriores.

Quadro 4.10 – Variação do coeficiente de absorção solar combinada com as anteriores

Disposição	Zona climática	Aenv/Ap	Inércia	α	N_{vc}/N_v
Favorável	V1	10%	Média	0,4	21,1%
				0,8	27,8%
			Forte	0,4	10,1%
				0,8	14,1%
		25%	Média	0,4	31,4%
				0,8	65,1%
	V3	10%	Forte	0,4	16,3%
				0,8	63,6%
			Média	0,4	38,5%
				0,8	53,5%
		25%	Forte	0,4	36,7%
				0,8	51,1%
Desfavorável	V1	10%	Média	0,4	54,0%
				0,8	68,6%
			Forte	0,4	52,0%
				0,8	64,8%
		25%	Média	0,4	22,6%
				0,8	52,4%
	V3	10%	Forte	0,4	11,0%
				0,8	51,8%
			Média	0,4	37,6%
				0,8	46,7%
		25%	Forte	0,4	21,0%
				0,8	31,5%
	V1	10%	Média	0,4	40,6%
				0,8	54,4%
			Forte	0,4	38,8%
				0,8	62,7%
		25%	Média	0,4	60,7%
				0,8	71,3%
	V3	10%	Forte	0,4	58,9%
				0,8	71,3%
			Média	0,4	
				0,8	
		25%	Forte	0,4	
				0,8	

Analisando o presente quadro de valores, constata-se que quanto maior o coeficiente de absorção da envolvente opaca, maior é o valor das necessidades de arrefecimento, o que era de esperar. Verifica-se também que comparativamente à disposição favorável e desfavorável não se verifica uma variação significativa dos valores máximos, atingidos para a zona climática V₃ e para uma área de envidraçado de 25%.

Apresenta-se um quadro resumo com a representação das combinações consideradas para a Fracção tipo I.a.

Quadro 4.11 – Quadro resumo – fracção I.a

Disposição	N_{vc}/N_v	Zona climática	N_{vc}/N_v	Aenv /Ap	N_{vc}/N_v	Inércia	N_{vc}/N_v	α	N_{vc}/N_v
Favorável	14,4%	V1	14,4%	10%	10,1%	Média	21,1%	0,4	21,1%
								0,8	27,8%
						Forte	10,1%	0,4	10,1%
								0,8	14,1%
				25%	16,3%	Média	31,4%	0,4	31,4%
								0,8	65,1%
						Forte	16,3%	0,4	16,3%
								0,8	63,6%
	14,4%	V3	47,1%	10%	36,7%	Média	38,5%	0,4	38,5%
								0,8	53,5%
						Forte	36,7%	0,4	36,7%
								0,8	51,1%
				25%	52,0%	Média	54,0%	0,4	54,0%
								0,8	68,6%
						Forte	52,0%	0,4	52,0%
								0,8	64,8%
Desfavorável	18,4%	V1	18,4%	10%	11,0%	Média	22,6%	0,4	22,6%
								0,8	52,4%
						Forte	11,0%	0,4	11,0%
								0,8	51,8%
				25%	21,0%	Média	37,6%	0,4	37,6%
								0,8	46,7%
						Forte	21,0%	0,4	21,0%
								0,8	31,5%
	18,4%	V3	52,9%	10%	38,8%	Média	40,6%	0,4	40,6%
								0,8	54,4%
						Forte	38,8%	0,4	38,8%
								0,8	62,7%
				25%	59%	Média	60,7%	0,4	60,7%
								0,8	71,3%
						Forte	58,9%	0,4	58,9%
								0,8	71,3%

Analisando o Quadro resumo verifica-se que apenas se atingem situações muito eficientes ($N_{vc}/N_v < 25\%$) para a zona climática V1. As piores situações surgem maioritariamente para os 25% atribuídos à razão entre a área de envidraçados e a área útil de pavimento. verifica-se também que nenhum dos resultados obtidos ultrapassa o valor limite definido pelo regulamento.

Observando a evolução do valor das necessidades de arrefecimento e das respectivas cores, verifica-se um paralelismo em relação ao “caminho” mais e menos crítico.

4.3.2.2. Fracção tipo I.b

A mesma metodologia é aplicada à fracção tipo I.b. Apresenta-se a Quadro 4.12 relativo à variação da disposição dos envidraçados, tal como descrito anteriormente no Quadro 4.4.

Quadro 4.12 – Variação da disposição dos envidraçados

Disposição	N_{v0}/N_v
Favorável	17,6%
Intermédia	19,5%
Desfavorável	21,6%

Observando o quadro apresentado verifica-se um ligeiro aumento das necessidades de arrefecimento mas mantendo-se no intervalo de valores da categoria de cor verde. Comparativamente à fracção tipo I.a, observa-se um ligeiro aumento insignificante.

Apresenta-se de seguida o quadro de valores relativo à combinação da variação da disposição dos envidraçados com a alternância da zona climática de Verão.

Quadro 4.13 – Variação da zona climática de Verão combinada com a anterior

Disposição	Zona climática	N_{v0}/N_v
Favorável	V1	17,6%
	V2	18,7%
	V3	58,7%
Intermédia	V1	19,5%
	V2	20,9%
	V3	61,7%
Desfavorável	V1	21,6%
	V2	23,3%
	V3	64,6%

Observando o quadro apresentado para esta tipologia, verifica-se um aumento considerável das necessidades, na passagem da zona climática V_2 para a zona V_3 . Quanto à disposição dos envidraçados, verifica-se um ligeiro aumento aquando da passagem para uma disposição menos favorável.

Apresenta-se o quadro de valores relativo à variação da área de envidraçado, combinada com a disposição e zona climática de Verão.

Quadro 4.14 – Variação da área de envidraçados combinada com as anteriores

Disposição	Zona climática	Aenv/Ap	N _{vo} /N _v
Favorável	V1	10%	13,3%
		15%	15,4%
		20%	17,6%
		25%	19,5%
	V3	10%	48,4%
		15%	53,5%
		20%	58,7%
		25%	63,7%
Desfavorável	V1	10%	14,2%
		15%	17,4%
		20%	21,6%
		25%	24,2%
	V3	10%	50,5%
		15%	57,3%
		20%	64,6%
		25%	70,6%

As interpretações referenciadas anteriormente em relação à disposição e à zona climática mantêm-se para este quadro. Relativamente à área de envidraçados, verifica-se um aumento gradual das necessidades semelhante ao observado para a fracção tipo Ia.

Apresenta-se de seguida o quadro de valores relativo à variação da inércia térmica, combinada com a variação dos parâmetros anteriores.

Quadro 4.15 – Variação da inércia térmica combinada com as anteriores

Disposição	Zona climática	Aenv/Ap	Inércia	N_{v0}/N_v
Favorável	V1	10%	Média	27,4%
			Forte	13,3%
		25%	Média	37,7%
			Forte	19,5%
	V3	10%	Média	50,5%
			Forte	48,4%
		25%	Média	66,0%
			Forte	63,7%
Desfavorável	V1	10%	Média	28,9%
			Forte	14,2%
		25%	Média	43,9%
			Forte	24,2%
	V3	10%	Média	52,7%
			Forte	50,5%
		25%	Média	72,8%
			Forte	70,6%

Analisando os valores obtidos para esta combinação de parâmetros, verifica-se que a variação da inércia térmica tem uma maior influência na zona climática V_1 do que na zona climática V_3 . constata-se também que os valores mais baixos são obtidos para a zona climática V_1 combinada com uma inércia térmica forte.

Observa-se também que a influência da área de envidraçados é maior numa zona climática mais rigorosa – V_3 . verifica-se também que um aumento das necessidades de arrefecimento devido a um aumento da área envidraçada pode ser colmatado a partir de um aumento da inércia térmica, unicamente para a zona climática V_1 .

Apresenta-se seguidamente, o quadro de valores relativo à variação do coeficiente de absorção solar da envolvente opaca combinada com a variação dos parâmetros anteriores.

Quadro 4.16 – Variação do coeficiente de absorção solar combinada com as anteriores

Disposição	Zona climática	Aenv/Ap	Inércia	α	N_{vo}/N_v
Favorável	V1	10%	Média	0,4	27,4%
				0,8	69,1%
			Forte	0,4	13,3%
				0,8	50,0%
		25%	Média	0,4	37,7%
				0,8	85,9%
			Forte	0,4	19,5%
				0,8	64,9%
	V3	10%	Média	0,4	50,5%
				0,8	92,2%
			Forte	0,4	48,4%
				0,8	84,0%
		25%	Média	0,4	66,0%
				0,8	107,4%
Desfavorável	V1	10%	Média	0,4	28,9%
				0,8	85,1%
			Forte	0,4	14,2%
				0,8	71,1%
		25%	Média	0,4	43,9%
				0,8	106,8%
			Forte	0,4	24,2%
				0,8	76,9%
	V3	10%	Média	0,4	52,7%
				0,8	93,0%
			Forte	0,4	50,5%
				0,8	93,3%
		25%	Média	0,4	72,8%
				0,8	110,0%
			Forte	0,4	70,6%
				0,8	110,6%

A partir deste conjunto de combinações entre parâmetros, atingem-se valores que ultrapassam o limite regulamentar. Em comum possuem uma cor de envolvente escura (com um coeficiente de absorção de 0,8), zona climática V₃ e uma área de envidraçado de 25% relativamente à área útil de pavimento.

As menores necessidades de arrefecimento localizam-se, como seria de esperar, na zona climática V₁, com uma inércia forte e uma cor de envolvente clara.

Constata-se também que para uma situação com uma disposição desfavorável e numa zona climática de Verão V₃, a inércia térmica deixa de ter influência na quantificação das necessidades de arrefecimento, independentemente dos restantes parâmetros.

Apresenta-se um quadro resumo com a representação das combinações consideradas para a Fracção tipo I.b.

Quadro 4.17 – Quadro resumo – fracção I.b

Disposição	N_{vc}/N_v	Zona climática	N_{vc}/N_v	Aenv /Ap	N_{vc}/N_v	Inércia	N_{vc}/N_v	α	N_{vc}/N_v
Favorável	17,6%	V1	17,6%	10%	13,3%	Média	27,4%	0,4	27,4%
						Forte	13,3%	0,8	69,1%
				25%	19,5%	Média	37,7%	0,4	37,7%
						Forte	19,5%	0,8	85,9%
						Média	19,5%	0,4	19,5%
						Forte	19,5%	0,8	64,9%
		V3	58,7%	10%	48,4%	Média	50,5%	0,4	50,5%
						Forte	48,4%	0,8	92,2%
				25%	63,7%	Média	48,4%	0,4	48,4%
						Forte	48,4%	0,8	84,0%
						Média	66,0%	0,4	66,0%
						Forte	63,7%	0,8	107,4%
Desfavorável	21,6%	V1	21,6%	10%	14,2%	Média	28,9%	0,4	28,9%
						Forte	14,2%	0,8	85,1%
				25%	24,2%	Média	14,2%	0,4	14,2%
						Forte	14,2%	0,8	71,1%
						Média	43,9%	0,4	43,9%
						Forte	24,2%	0,8	106,8%
		V3	64,6%	10%	50,5%	Média	52,7%	0,4	52,7%
						Forte	50,5%	0,8	93,0%
				25%	70,6%	Média	50,5%	0,4	50,5%
						Forte	50,5%	0,8	93,3%
						Média	72,8%	0,4	72,8%
						Forte	70,6%	0,8	110,0%
								0,4	70,6%
								0,8	110,6%

Analisando o quadro resumo verifica-se que apenas se atingem situações muito eficientes ($N_{vc}/N_v < 25\%$) para a zona climática V_1 . As piores situações surgem maioritariamente para os 25% atribuídos à razão entre a área de envidraçados e a área útil de pavimento.

As restantes interpretações referidas anteriormente mantêm-se para interpretação deste quadro resumo.

4.3.2.3. Fracção tipo II

A mesma metodologia é aplicada à fracção tipo II. Apresenta-se a Quadro 4.18 relativo à variação da disposição dos envidraçados, tal como descrito anteriormente no Quadro 4.4.

Quadro 4.18 – Variação da disposição dos envidraçados

Disposição	N_{vc}/N_v
Favorável	25,0%
Intermédia	27,5%
Desfavorável	30,2%

Observando o quadro apresentado, verifica-se um aumento das necessidades de arrefecimento com a variação da disposição dos envidraçados.

Apresenta-se seguidamente o quadro de valores relativo à combinação da variação da disposição dos envidraçados com a alternância da zona climática de Verão.

Quadro 4.19 – Variação da zona climática de Verão combinada com a anterior

Disposição	Zona climática	N_{vc}/N_v
Favorável	V1	25,0%
	V2	26,6%
	V3	70,0%
Intermédia	V1	27,5%
	V2	29,5%
	V3	73,2%
Desfavorável	V1	30,2%
	V2	32,5%
	V3	76,3%

Observando os dois quadros aqui apresentados e comparando-os com as fracções tipo I.a e I.b, verifica-se que para a fracção em análise, os valores mínimos atingem um intervalo de valores superior (equivalente à categoria de cor amarela).

Tal como nas fracções anteriores, verifica-se um aumento considerável de valores para a zona climática V₃. Para uma disposição de envidraçados desfavorável, combinada com uma zona climática V₃, atinge-se o primeiro valor pertencente ao intervalo de valores equivalente à cor vermelha, o que representa uma situação com elevadas necessidades de arrefecimento.

Apresenta-se de seguida, o quadro de valores relativo à variação da área de envidraçado, combinada com a disposição e zona climática de Verão.

Quadro 4.20 – Variação da área de envidraçados combinada com as anteriores

Disposição	Zona climática	Aenv/Ap	N _{vc} /N _v
Favorável	V1	10%	19,7%
		15%	22,3%
		20%	25,0%
		25%	27,8%
	V3	10%	58,6%
		15%	64,3%
		20%	70,0%
		25%	75,7%
Desfavorável	V1	10%	22,0%
		15%	26,0%
		20%	30,2%
		25%	34,5%
	V3	10%	61,8%
		15%	69,1%
		20%	76,3%
		25%	83,6%

Observando o quadro apresentado, constata-se que as necessidades aumentam gradualmente com o aumento da área de envidraçados. As situações mais eficientes apenas surgem para a zona climática V₁. Para a situação mais crítica, isto é, com disposição desfavorável, na zona climática V₃, e com a área de envidraçado máxima, o valor aproxima-se do limite regulamentar.

Os valores mínimos referem-se a uma combinação com disposição favorável, na zona climática V₁ e com a área de envidraçado mínima.

Apresenta-se o quadro de valores relativo à variação da inércia térmica combinada com a variação dos parâmetros anteriores.

Quadro 4.21 – Variação da inércia térmica combinada com as anteriores

Disposição	Zona climática	Aenv/Ap	Inércia	N_{vc}/N_v
Favorável	V1	10%	Média	36,1%
			Forte	19,7%
		25%	Média	48,5%
			Forte	27,8%
	V3	10%	Média	60,5%
			Forte	58,6%
		25%	Média	77,7%
			Forte	75,7%
Desfavorável	V1	10%	Média	39,1%
			Forte	22,0%
		25%	Média	56,6%
			Forte	34,5%
	V3	10%	Média	63,6%
			Forte	61,8%
		25%	Média	85,4%
			Forte	83,6%

Para a zona climática V_1 verifica-se na passagem da inércia média para forte, uma diminuição considerável das necessidades de arrefecimento. Relativamente à zona climática V_3 , a influência da inércia térmica não é tão significativa. Ainda em relação à zona climática V_1 , a variação das áreas envidraçadas afectou ligeiramente os valores das necessidades de arrefecimento, enquanto que para a zona V_3 já se verifica um aumento substancial com o aumento da área de envidraçados.

Independentemente da inércia térmica, para a zona climática V_3 com uma área de envidraçados de 25% em relação à área útil de pavimento, os valores obtidos localizam-se no último intervalo de valores, entre os 75% e 100%.

Apresenta-se o quadro de valores relativo à variação do coeficiente de absorção solar da envolvente opaca combinada com a variação dos parâmetros anteriores.

Quadro 4.22 – Variação do coeficiente de absorção solar combinada com as anteriores

Disposição	Zona climática	Aenv/Ap	Inércia	α	N_{vc}/N_v
Favorável	V1	10%	Média	0,4	36,1%
				0,8	71,3%
			Forte	0,4	19,7%
				0,8	50,4%
		25%	Média	0,4	48,5%
				0,8	82,0%
			Forte	0,4	27,8%
				0,8	57,3%
	V3	10%	Média	0,4	60,5%
				0,8	92,5%
			Forte	0,4	58,6%
				0,8	91,4%
		25%	Média	0,4	77,7%
				0,8	107,8%
Desfavorável	V1	10%	Média	0,4	39,1%
				0,8	75,0%
			Forte	0,4	22,0%
				0,8	53,9%
		25%	Média	0,4	56,6%
				0,8	91,0%
			Forte	0,4	34,5%
				0,8	65,9%
	V3	10%	Média	0,4	63,6%
				0,8	95,4%
			Forte	0,4	61,8%
				0,8	94,3%
		25%	Média	0,4	85,4%
				0,8	115,0%
			Forte	0,4	83,6%
				0,8	113,8%

Analisando o quadro apresentado, verifica-se que apenas se atingem situações muito eficientes ($N_{vc}/N_v < 25\%$) para a zona climática V_1 , com uma área de envidraçados de 10%, com uma inércia forte e com uma envolvente opaca de cor clara (coeficiente de absorção de 0,4).

As piores situações surgem maioritariamente para os 25% atribuídos à razão entre a área de envidraçados e a área útil de pavimento.

Relativamente à variação da inércia térmica, constata-se que para uma disposição desfavorável e numa zona climática V_3 , a influência desta é mínima.

Apresenta-se um quadro resumo com a representação das combinações consideradas para a Fracção tipo II.

Quadro 4.23 – Quadro resumo – fracção II

Disposição	N_{vo}/N_v	Zona climática	N_{vo}/N_v	Aenv /Ap	N_{vo}/N_v	Inércia	N_{vo}/N_v	α	N_{vo}/N_v
Favorável	25,0%	V1	25,0%	10%	19,7%	Média	36,1%	0,4	36,1%
								0,8	71,3%
						Forte	19,7%	0,4	19,7%
								0,8	50,4%
				25%	27,8%	Média	48,5%	0,4	48,5%
								0,8	82,0%
						Forte	27,8%	0,4	27,8%
								0,8	57,3%
		V3	70,0%	10%	58,6%	Média	60,5%	0,4	60,5%
								0,8	92,5%
						Forte	58,6%	0,4	58,6%
								0,8	91,4%
				25%	75,7%	Média	77,7%	0,4	77,7%
								0,8	107,8%
						Forte	75,7%	0,4	75,7%
								0,8	106,4%
Desfavorável	30,2%	V1	30,2%	10%	22,0%	Média	39,1%	0,4	39,1%
								0,8	75,0%
						Forte	22,0%	0,4	22,0%
								0,8	53,9%
				25%	34,5%	Média	56,6%	0,4	56,6%
								0,8	91,0%
						Forte	34,5%	0,4	34,5%
								0,8	65,9%
		V3	76,3%	10%	61,8%	Média	63,6%	0,4	63,6%
								0,8	95,4%
						Forte	61,8%	0,4	61,8%
								0,8	94,3%
				25%	84%	Média	85,4%	0,4	85,4%
								0,8	115,0%
						Forte	83,6%	0,4	83,6%
								0,8	113,8%

Observando o presente quadro resumo, verifica-se que relativamente à disposição favorável e desfavorável não se verificam variações significativas dos valores obtidos. Observando as cores atribuídas a cada valor, constata-se que para as duas disposições consideradas, a sequência de cores é idêntica.

As restantes interpretações referidas anteriormente mantêm-se para a interpretação do quadro resumo apresentado.

4.3.3. SIMULAÇÕES COM VARIAÇÃO DO FACTOR SOLAR DO VÃO ENVIDRAÇADO - g_{\perp}

Os resultados relativos à terceira e última fase da metodologia aplicada, são apresentados nesta secção e sob a mesma forma adoptada para apresentação dos resultados. Nesta fase do estudo realizou-se apenas a variação do parâmetro relativo ao factor solar dos vãos envidraçados, para o conjunto de resultados proveniente das combinações e simulações anteriormente apresentados. Primeiramente serão apresentadas as matrizes referentes à variação individual dos parâmetros, da primeira fase do estudo. Posteriormente serão apresentados os quadros resumo relativos à segunda fase do estudo.

Apresentam-se seguidamente, para cada fracção tipo, as três simulações descritas no Quadro 4.2 referentes à variação do factor solar do vão envidraçado, aplicadas às matrizes e quadro apresentados anteriormente.

4.3.3.1. Fracção tipo I.a

Nvc/Nv		I2			It			Aenv. /Ap				α			orientações							
		V1	V2	V3	Forte	média	fraca	10%	15%	20%	25%	0,4	0,5	0,8	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
I2	V1				20%	35%	50%	12%	15%	20%	24%	20%	22%	29%	20%	43%	75%	75%	47%	76%	77%	45%
	V2				18%	32%	46%	11%	14%	18%	23%	18%	20%	27%	18%	39%	68%	68%	42%	69%	70%	41%
	V3				48%	50%	52%	36%	42%	48%	54%	48%	50%	58%	48%	68%	89%	89%	70%	90%	90%	69%
It	Forte	20%	18%	48%				12%	15%	20%	24%	20%	22%	29%	20%	43%	75%	75%	47%	76%	77%	45%
	média	35%	32%	50%				23%	29%	35%	41%	35%	38%	46%	35%	62%	94%	94%	66%	96%	97%	63%
	fraca	50%	46%	52%				35%	42%	50%	58%	50%	53%	62%	50%	80%	113%	113%	83%	114%	115%	81%
Aenv./Ap	10%	12%	11%	36%	12%	23%	35%					12%	13%	20%	12%	21%	33%	33%	22%	34%	35%	22%
	15%	15%	14%	42%	15%	29%	42%					15%	17%	25%	15%	31%	53%	52%	33%	54%	55%	33%
	20%	20%	18%	48%	20%	35%	50%					20%	22%	29%	20%	43%	75%	75%	47%	76%	77%	45%
	25%	24%	23%	54%	24%	41%	58%					24%	26%	34%	24%	56%	99%	99%	61%	100%	101%	58%
α	0,4	20%	18%	48%	20%	35%	50%	12%	15%	20%	24%				20%	43%	75%	75%	47%	76%	77%	45%
	0,5	22%	20%	50%	22%	38%	53%	13%	17%	22%	26%				22%	47%	79%	79%	50%	81%	82%	48%
	0,8	29%	27%	58%	29%	46%	62%	20%	25%	29%	34%				29%	58%	93%	92%	60%	95%	98%	61%
Orientações	N	20%	18%	48%	20%	35%	50%	12%	15%	20%	24%	20%	22%	29%								
	NE	43%	39%	68%	43%	62%	80%	21%	31%	43%	56%	43%	47%	58%								
	E	75%	68%	89%	75%	94%	113%	33%	53%	75%	99%	75%	79%	93%								
	SE	75%	68%	89%	75%	94%	113%	33%	52%	75%	99%	75%	79%	92%								
	S	47%	42%	70%	47%	66%	83%	22%	33%	47%	61%	47%	50%	60%								
	SW	76%	69%	90%	76%	96%	114%	34%	54%	76%	100%	76%	81%	95%								
	W	77%	70%	90%	77%	97%	115%	35%	55%	77%	101%	77%	82%	98%								
	NW	45%	41%	69%	45%	63%	81%	22%	33%	45%	58%	45%	48%	61%								

Fig. 4.5 Matriz de valores para um $g_{\perp \text{máx}}$

Nvc/Nv		I2			It			Aenv. /Ap				α			orientações							
		V1	V2	V3	Forte	média	fraca	10%	15%	20%	25%	0,4	0,5	0,8	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
I2	V1				6%	16%	27%	6%	6%	6%	7%	6%	7%	11%	6%	12%	19%	19%	12%	20%	21%	13%
	V2				6%	15%	25%	5%	6%	6%	6%	6%	7%	11%	6%	11%	18%	18%	11%	19%	19%	12%
	V3				31%	33%	36%	27%	29%	31%	32%	31%	33%	41%	31%	41%	52%	51%	42%	52%	53%	42%
It	Forte	6%	6%	31%				6%	6%	6%	7%	6%	7%	11%	6%	12%	19%	19%	12%	20%	21%	13%
	média	16%	15%	33%				14%	15%	16%	17%	16%	18%	24%	16%	25%	35%	34%	25%	36%	36%	26%
	fraca	27%	25%	36%				24%	25%	27%	29%	27%	29%	37%	27%	38%	50%	49%	39%	50%	51%	39%
Aenv./Ap	10%	6%	5%	27%	6%	14%	24%					6%	7%	12%	6%	9%	12%	12%	9%	12%	13%	9%
	15%	6%	6%	29%	6%	15%	25%					6%	7%	12%	6%	10%	16%	15%	10%	16%	17%	11%
	20%	6%	6%	31%	6%	16%	27%					6%	7%	11%	6%	12%	19%	19%	12%	20%	21%	13%
	25%	7%	6%	32%	7%	17%	29%					7%	8%	11%	7%	14%	24%	23%	14%	24%	25%	14%
α	0,4	6%	6%	31%	6%	16%	27%	6%	6%	6%	7%				6%	12%	19%	19%	12%	20%	21%	13%
	0,5	7%	7%	33%	7%	18%	29%	7%	7%	7%	8%				7%	14%	22%	21%	14%	23%	23%	15%
	0,8	11%	11%	41%	11%	24%	37%	12%	12%	11%	11%				11%	20%	30%	29%	20%	31%	33%	21%
Orientações	N	6%	6%	31%	6%	16%	27%	6%	6%	6%	7%	6%	7%	11%								
	NE	12%	11%	41%	12%	25%	38%	9%	10%	12%	14%	12%	14%	20%								
	E	19%	18%	52%	19%	35%	50%	12%	16%	19%	24%	19%	22%	30%								
	SE	19%	18%	51%	19%	34%	49%	12%	15%	19%	23%	19%	21%	29%								
	S	12%	11%	42%	12%	25%	39%	9%	10%	12%	14%	12%	14%	20%								
	SW	20%	19%	52%	20%	36%	50%	12%	16%	20%	24%	20%	23%	31%								
	W	21%	19%	53%	21%	36%	51%	13%	17%	21%	25%	21%	23%	33%								
	NW	13%	12%	42%	13%	26%	39%	9%	11%	13%	14%	13%	15%	21%								

Fig. 4.6 Matriz de valores para um $g_{\perp}=0,25$

Nvc/Nv		I2			It			Aenv. /Ap				α			orientações							
		V1	V2	V3	Forte	média	fraca	10%	15%	20%	25%	0,4	0,5	0,8	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
I2	V1				2%	7%	15%	3%	3%	2%	2%	2%	3%	5%	2%	3%	3%	3%	2%	3%	3%	3%
	V2				2%	7%	14%	3%	2%	2%	2%	2%	2%	5%	2%	2%	3%	3%	2%	3%	3%	3%
	V3				17%	20%	23%	20%	19%	17%	16%	17%	19%	26%	17%	19%	21%	21%	19%	22%	22%	20%
It	Forte	2%	2%	17%				3%	3%	2%	2%	2%	3%	5%	2%	3%	3%	3%	2%	3%	3%	3%
	média	7%	7%	20%				10%	8%	7%	7%	7%	9%	13%	7%	9%	10%	9%	8%	10%	10%	9%
	fraca	15%	14%	23%				17%	16%	15%	14%	15%	17%	23%	15%	16%	18%	18%	16%	19%	19%	17%
Aenv./Ap	10%	3%	3%	20%	3%	10%	17%					3%	4%	7%	3%	4%	4%	4%	3%	4%	5%	4%
	15%	3%	2%	19%	3%	8%	16%					3%	3%	6%	3%	3%	3%	3%	3%	4%	4%	3%
	20%	2%	2%	17%	2%	7%	15%					2%	3%	5%	2%	3%	3%	3%	2%	3%	3%	3%
	25%	2%	2%	16%	2%	7%	14%					2%	2%	4%	2%	2%	3%	3%	2%	3%	3%	2%
α	0,4	2%	2%	17%	2%	7%	15%	3%	3%	2%	2%				2%	3%	3%	3%	2%	3%	3%	3%
	0,5	3%	3%	19%	3%	9%	17%	4%	3%	3%	2%				3%	3%	4%	4%	3%	4%	4%	3%
	0,8	5%	5%	26%	5%	13%	23%	7%	6%	5%	4%				5%	6%	7%	6%	5%	7%	8%	7%
Orientações	N	2%	2%	17%	2%	7%	15%	3%	3%	2%	2%	2%	3%	5%								
	NE	3%	3%	19%	3%	9%	16%	4%	3%	3%	2%	3%	3%	6%								
	E	3%	3%	21%	3%	10%	18%	4%	3%	3%	3%	3%	4%	7%								
	SE	3%	3%	21%	3%	9%	18%	4%	3%	3%	3%	3%	4%	6%								
	S	2%	2%	19%	2%	8%	16%	3%	3%	2%	2%	2%	3%	5%								
	SW	3%	3%	22%	3%	10%	19%	4%	4%	3%	3%	3%	4%	7%								
	W	3%	3%	22%	3%	10%	19%	5%	4%	3%	3%	3%	4%	8%								
	NW	3%	3%	20%	3%	9%	17%	4%	3%	3%	2%	3%	3%	7%								

Fig. 4.7 Matriz de valores para um $g_{\perp}=0,04$

Observando e comparando as três matrizes apresentadas, verifica-se que para um factor solar mínimo ($g_{\perp}=0,04$) as necessidades de arrefecimento são mínimas. Em contrapartida, para um factor solar máximo admissível ($g_{\perp \text{ máx}}$), todas as simulações relacionadas com as orientações mais desfavoráveis (Este, Sudeste, Oeste e Sudoeste), excepto as que possuem uma área de envidraçado de 10%, apresentam valores elevados, podendo até ultrapassar os limites regulamentares. Relativamente à situação com um factor solar intermédio, os valores máximos (entre os 25% e 53%) localizam-se nas simulações relacionadas com a inércia fraca e a zona climática mais desfavorável.

Apresenta-se, para a actual fracção I.a, as três simulações relativas à variação do factor solar do vão envidraçado, para os quadros de simulação relativos às combinações entre parâmetros.

Quadro 4.24 – Variação do factor solar do vão envidraçado – fracção I.a

Disposição	Zona climática	Aenv/Ap	Inércia	α	g_{\perp}		
					$g_{\perp \text{ máx}}$	0,25	0,04
Favorável	V1	10%	Média	0,4	39,6%	21,1%	11,6%
				0,8	47,0%	27,8%	17,5%
			Forte	0,4	24,7%	10,1%	4,2%
				0,8	29,6%	14,1%	7,2%
		25%	Média	0,4	86,8%	31,4%	8,7%
				0,8	100,4%	65,1%	39,4%
			Forte	0,4	66,0%	16,3%	2,5%
				0,8	85,1%	63,6%	35,7%
	V3	10%	Média	0,4	53,5%	38,5%	26,1%
				0,8	68,9%	53,5%	40,5%
			Forte	0,4	52,2%	36,7%	23,7%
				0,8	66,8%	51,1%	37,7%
		25%	Média	0,4	92,3%	54,0%	23,4%
				0,8	107,5%	68,6%	36,3%
Desfavorável	V1	10%	Média	0,4	45,6%	22,6%	11,2%
				0,8	71,5%	52,4%	39,4%
			Forte	0,4	29,7%	11,0%	3,9%
				0,8	71,4%	51,8%	38,4%
		25%	Média	0,4	109,2%	37,6%	8,8%
				0,8	137,4%	46,7%	17,7%
			Forte	0,4	88,2%	21,0%	7,5%
				0,8	106,8%	31,5%	12,7%
	V3	10%	Média	0,4	58,7%	40,6%	25,8%
				0,8	72,8%	54,4%	38,9%
			Forte	0,4	57,5%	38,8%	23,4%
				0,8	72,8%	62,7%	40,1%
		25%	Média	0,4	107,0%	60,7%	23,8%
				0,8	117,8%	71,3%	33,3%
			Forte	0,4	106,1%	58,9%	20,4%
				0,8	118,6%	71,3%	31,6%

É visível a redução do valor das necessidades relativamente à variação do factor solar do vão envidraçado. Constatam-se também que os valores máximos e mínimos se mantêm em relação à combinação de parâmetros. Para um $g_{\perp \text{ máx}}$ e uma área de envidraçado 25%, apenas se verificam valores elevados.

4.3.3.2. Fracção tipo I.b

Nvc/Nv		I2			It			Aenv. /Ap				α			orientações							
		V1	V2	V3	Forte	média	fraca	10%	15%	20%	25%	0,4	0,5	0,8	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
I2	V1				23%	41%	59%	15%	19%	23%	27%	23%	29%	51%	23%	45%	74%	74%	48%	76%	76%	46%
	V2				22%	39%	56%	15%	18%	22%	26%	22%	28%	51%	22%	42%	69%	69%	45%	70%	71%	44%
	V3				59%	62%	65%	47%	53%	59%	65%	59%	67%	89%	59%	80%	100%	100%	82%	101%	102%	81%
It	Forte	23%	22%	59%				15%	19%	23%	27%	23%	29%	51%	23%	45%	74%	74%	48%	76%	76%	46%
	média	41%	39%	62%				30%	35%	41%	48%	41%	49%	74%	41%	67%	98%	98%	71%	100%	100%	69%
	fraca	59%	56%	65%				47%	53%	59%	67%	59%	68%	95%	59%	88%	120%	120%	92%	122%	123%	90%
Aenv./Ap	10%	15%	15%	47%	15%	30%	47%					15%	22%	46%	15%	26%	38%	37%	27%	39%	40%	27%
	15%	19%	18%	53%	19%	35%	53%					19%	25%	49%	19%	35%	55%	55%	37%	56%	57%	36%
	20%	23%	22%	59%	23%	41%	59%					23%	29%	51%	23%	45%	74%	74%	48%	76%	76%	46%
	25%	27%	26%	65%	27%	48%	67%					27%	33%	56%	27%	57%	97%	97%	62%	98%	99%	59%
α	0,4	23%	22%	59%	23%	41%	59%	15%	19%	23%	27%				23%	45%	74%	74%	48%	76%	76%	46%
	0,5	29%	28%	67%	29%	49%	68%	22%	25%	29%	33%				29%	54%	85%	85%	57%	87%	88%	55%
	0,8	51%	51%	89%	51%	74%	95%	46%	49%	51%	56%				51%	83%	119%	118%	86%	122%	124%	86%
Orientações	N	23%	22%	59%	23%	41%	59%	15%	19%	23%	27%	23%	29%	51%								
	NE	45%	42%	80%	45%	67%	88%	26%	35%	45%	57%	45%	54%	83%								
	E	74%	69%	100%	74%	98%	120%	38%	55%	74%	97%	74%	85%	119%								
	SE	74%	69%	100%	74%	98%	120%	37%	55%	74%	97%	74%	85%	118%								
	S	48%	45%	82%	48%	71%	92%	27%	37%	48%	62%	48%	57%	86%								
	SW	76%	70%	101%	76%	100%	122%	39%	56%	76%	98%	76%	87%	122%								
	W	76%	71%	102%	76%	100%	123%	40%	57%	76%	99%	76%	88%	124%								
	NW	46%	44%	81%	46%	69%	90%	27%	36%	46%	59%	46%	55%	86%								

Fig. 4.8 Matriz de valores para um $g_{\perp \text{máx}}$

Nvc/Nv		I2			It			Aenv. /Ap				α			orientações							
		V1	V2	V3	Forte	média	fraca	10%	15%	20%	25%	0,4	0,5	0,8	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
I2	V1				9%	22%	36%	9%	9%	9%	10%	9%	13%	28%	9%	15%	23%	22%	16%	23%	24%	16%
	V2				9%	21%	34%	9%	9%	9%	10%	9%	13%	29%	9%	15%	22%	22%	15%	22%	23%	15%
	V3				42%	45%	49%	39%	40%	42%	44%	42%	50%	72%	42%	53%	63%	63%	53%	64%	65%	54%
It	Forte	9%	9%	42%				9%	9%	9%	10%	9%	13%	28%	9%	15%	23%	22%	16%	23%	24%	16%
	média	22%	21%	45%				20%	21%	22%	23%	22%	28%	48%	22%	31%	41%	41%	32%	42%	43%	32%
	fraca	36%	34%	49%				35%	36%	36%	38%	36%	43%	67%	36%	47%	59%	59%	48%	60%	61%	48%
Aenv./Ap	10%	9%	9%	39%	9%	20%	35%					9%	14%	34%	9%	13%	17%	16%	13%	17%	18%	14%
	15%	9%	9%	40%	9%	21%	36%					9%	13%	31%	9%	14%	20%	19%	14%	20%	21%	15%
	20%	9%	9%	42%	9%	22%	36%					9%	13%	28%	9%	15%	23%	22%	16%	23%	24%	16%
	25%	10%	10%	44%	10%	23%	38%					10%	13%	28%	10%	17%	27%	26%	18%	27%	28%	18%
α	0,4	9%	9%	42%	9%	22%	36%	9%	9%	9%	10%				9%	15%	23%	22%	16%	23%	24%	16%
	0,5	13%	13%	50%	13%	28%	43%	14%	13%	13%	13%				13%	20%	29%	28%	20%	30%	30%	21%
	0,8	28%	29%	72%	28%	48%	67%	34%	31%	28%	28%				28%	39%	52%	51%	40%	54%	56%	42%
Orientações	N	9%	9%	42%	9%	22%	36%	9%	9%	9%	10%	9%	13%	28%								
	NE	15%	15%	53%	15%	31%	47%	13%	14%	15%	17%	15%	20%	39%								
	E	23%	22%	63%	23%	41%	59%	17%	20%	23%	27%	23%	29%	52%								
	SE	22%	22%	63%	22%	41%	59%	16%	19%	22%	26%	22%	28%	51%								
	S	16%	15%	53%	16%	32%	48%	13%	14%	16%	18%	16%	20%	40%								
	SW	23%	22%	64%	23%	42%	60%	17%	20%	23%	27%	23%	30%	54%								
	W	24%	23%	65%	24%	43%	61%	18%	21%	24%	28%	24%	30%	56%								
	NW	16%	15%	54%	16%	32%	48%	14%	15%	16%	18%	16%	21%	42%								

Fig. 4.9 Matriz de valores para um $g_{\perp}=0,25$

Nvc/Nv		I2			It			Aenv. /Ap				α			orientações							
		V1	V2	V3	Forte	média	fraca	10%	15%	20%	25%	0,4	0,5	0,8	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
I2	V1				4%	13%	23%	6%	5%	4%	3%	4%	6%	16%	4%	5%	5%	5%	4%	5%	6%	5%
	V2				4%	12%	22%	6%	5%	4%	3%	4%	6%	17%	4%	5%	5%	5%	5%	6%	6%	5%
	V3				28%	32%	35%	32%	30%	28%	27%	28%	35%	57%	28%	30%	32%	32%	30%	33%	34%	32%
It	Forte	4%	4%	28%				6%	5%	4%	3%	4%	6%	16%	4%	5%	5%	5%	4%	5%	6%	5%
	média	13%	12%	32%				15%	14%	13%	11%	13%	17%	33%	13%	14%	15%	15%	14%	15%	16%	14%
	fraca	23%	22%	35%				28%	26%	23%	22%	23%	29%	50%	23%	25%	27%	26%	25%	27%	28%	26%
Aenv./Ap	10%	6%	6%	32%	6%	15%	28%					6%	10%	27%	6%	7%	8%	7%	7%	8%	9%	8%
	15%	5%	5%	30%	5%	14%	26%					5%	8%	21%	5%	6%	6%	6%	5%	7%	7%	6%
	20%	4%	4%	28%	4%	13%	23%					4%	6%	16%	4%	5%	5%	5%	4%	5%	6%	5%
	25%	3%	3%	27%	3%	11%	22%					3%	5%	14%	3%	4%	5%	5%	4%	5%	5%	4%
α	0,4	4%	4%	28%	4%	13%	23%	6%	5%	4%	3%				4%	5%	5%	5%	4%	5%	6%	5%
	0,5	6%	6%	35%	6%	17%	29%	10%	8%	6%	5%				6%	7%	8%	8%	7%	8%	9%	7%
	0,8	16%	17%	57%	16%	33%	50%	27%	21%	16%	14%				16%	19%	20%	20%	18%	21%	23%	20%
Orientações	N	4%	4%	28%	4%	13%	23%	6%	5%	4%	3%	4%	6%	16%								
	NE	5%	5%	30%	5%	14%	25%	7%	6%	5%	4%	5%	7%	19%								
	E	5%	5%	32%	5%	15%	27%	8%	6%	5%	5%	5%	8%	20%								
	SE	5%	5%	32%	5%	15%	26%	7%	6%	5%	5%	5%	8%	20%								
	S	4%	5%	30%	4%	14%	25%	7%	5%	4%	4%	4%	7%	18%								
	SW	5%	6%	33%	5%	15%	27%	8%	7%	5%	5%	5%	8%	21%								
	W	6%	6%	34%	6%	16%	28%	9%	7%	6%	5%	6%	9%	23%								
	NW	5%	5%	32%	5%	14%	26%	8%	6%	5%	4%	5%	7%	20%								

Fig. 4.10 Matriz de valores para um $g_{\perp}=0,04$

Observando e comparando as três matrizes apresentadas, verifica-se que para um factor solar mínimo ($g_{\perp}=0,04$) as necessidades de arrefecimento são maioritariamente mínimas, excepto para a combinação entre os parâmetros zona climática V_3 , inércia térmica fraca e coeficiente de absorção máximo (0,8). Relativamente à matriz com um factor solar máximo admissível ($g_{\perp \text{ máx}}$), a interpretação mantém-se mas com a particularidade da adição das orientações Nordeste, Sul e Noroeste, no grupo das orientações mais desfavoráveis (Este, Sudeste, Oeste e Sudoeste) e da adição da relação das mesmas com a inércia térmica média como combinação que assume um valor acima do limite regulamentar. Relativamente à situação com um factor solar intermédio, os valores máximos (entre os 38% e 72%) localizam-se nas simulações relacionadas com a inércia fraca, coeficiente de absorção relativo à cor escura e a zona climática mais desfavorável.

Apresenta-se, para a actual fracção I.b, as três simulações relativas à variação do factor solar do vão envidraçado, para os quadros de simulação relativos às combinações entre parâmetros.

Quadro 4.25 – Variação do factor solar do vão envidraçado – fracção I.b

Disposição	Zona climática	Aenv/Ap	Inércia	α	g_{\perp}		
					g_{\perp} máx	0,25	0,04
Favorável	V1	10%	Média	0,4	45,7%	27,4%	17,4%
				0,8	95,3%	69,1%	52,7%
			Forte	0,4	27,5%	13,3%	6,8%
				0,8	75,9%	50,0%	34,7%
		25%	Média	0,4	91,2%	37,7%	13,8%
				0,8	157,1%	85,9%	45,7%
			Forte	0,4	66,3%	19,5%	7,6%
				0,8	137,9%	64,9%	27,6%
	V3	10%	Média	0,4	65,6%	50,5%	38,0%
				0,8	108,0%	92,2%	78,7%
			Forte	0,4	63,9%	48,4%	35,3%
				0,8	106,3%	84,0%	76,7%
		25%	Média	0,4	104,3%	66,0%	35,0%
				0,8	146,6%	107,4%	73,8%
			Forte	0,4	102,9%	63,7%	31,3%
				0,8	143,8%	104,1%	70,0%
Desfavorável	V1	10%	Média	0,4	51,5%	28,9%	17,0%
				0,8	120,1%	85,1%	63,1%
			Forte	0,4	32,2%	14,2%	6,5%
				0,8	107,7%	71,1%	48,6%
		25%	Média	0,4	112,6%	43,9%	14,0%
				0,8	199,5%	106,8%	53,3%
			Forte	0,4	87,1%	24,2%	4,5%
				0,8	169,5%	76,9%	29,3%
	V3	10%	Média	0,4	70,8%	52,7%	37,7%
				0,8	111,8%	93,0%	76,9%
			Forte	0,4	69,2%	50,5%	34,9%
				0,8	112,3%	93,3%	76,9%
		25%	Média	0,4	118,9%	72,8%	35,3%
				0,8	157,1%	110,0%	70,0%
			Forte	0,4	117,8%	70,6%	31,6%
				0,8	158,1%	110,6%	69,8%

Observando o quadro final relativo à fracção I.b e à variação do factor solar do vão envidraçado, é possível relacionar as situações mais gravosas para um factor solar máximo admissível. Para um factor solar médio, apenas os casos com um coeficiente de absorção máximo (0,8) apresentam valores não regulamentares, o que se justifica atendendo que esta fracção possui cobertura.

Analisando a coluna referente ao factor solar mínimo, constata-se que os valores mais gravosos surgem também para uma cor escura da envolvente, mas com a particularidade de estarem relacionados com a menor área de envidraçados (10%). Estes valores justificam-se atendendo que o

factor solar do vão considerado é bastante reduzido, por influência da protecção solar estar totalmente activada.

Comparando as três colunas relativas à variação do factor solar do vão envidraçado, é visível a redução do valor das necessidades de arrefecimento, sobressaindo-se a variação considerável entre o factor solar máximo e o valor médio.

Por fim, apresentam-se seguidamente as simulações referentes à variação do factor solar dos vãos envidraçados para a última fracção tipo.

4.3.3.3. Fracção tipo II

Nvc/Nv		I2			It			Aenv./Ap				α			orientações							
		V1	V2	V3	Forte	média	fraca	10%	15%	20%	25%	0,4	0,5	0,8	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
I2	V1				58%	82%	104%	29%	42%	58%	75%	58%	67%	97%	58%	65%	66%	71%	63%	85%	82%	79%
	V2				60%	81%	101%	30%	44%	60%	77%	60%	69%	99%	60%	68%	68%	74%	66%	89%	86%	83%
	V3				94%	95%	98%	65%	79%	94%	108%	94%	101%	124%	94%	101%	101%	104%	98%	114%	112%	110%
It	Forte	58%	60%	94%				29%	42%	58%	75%	58%	67%	97%	58%	65%	66%	71%	63%	85%	82%	79%
	média	82%	81%	95%				47%	64%	82%	100%	82%	91%	121%	82%	89%	91%	95%	87%	109%	106%	103%
	fraca	104%	101%	98%				65%	84%	104%	124%	104%	113%	144%	104%	112%	113%	117%	110%	132%	129%	126%
Aenv./Ap	10%	29%	30%	65%	29%	47%	65%					29%	36%	63%	29%	32%	33%	34%	31%	40%	39%	37%
	15%	42%	44%	79%	42%	64%	84%					42%	51%	80%	42%	48%	49%	51%	46%	61%	59%	57%
	20%	58%	60%	94%	58%	82%	104%					58%	67%	97%	58%	65%	66%	71%	63%	85%	82%	79%
	25%	75%	77%	108%	75%	100%	124%					75%	84%	115%	75%	84%	86%	91%	82%	110%	106%	103%
α	0,4	58%	60%	94%	58%	82%	104%	29%	42%	58%	75%				58%	65%	66%	71%	63%	85%	82%	79%
	0,5	67%	69%	101%	67%	91%	113%	36%	51%	67%	84%				67%	75%	77%	81%	73%	95%	93%	90%
	0,8	97%	99%	124%	97%	121%	144%	63%	80%	97%	115%				97%	108%	110%	114%	103%	130%	128%	123%
	N	58%	60%	94%	58%	82%	104%	29%	42%	58%	75%	58%	67%	97%								
Orientações	NE	65%	68%	101%	65%	89%	112%	32%	48%	65%	84%	65%	75%	108%								
	E	66%	68%	101%	66%	91%	113%	33%	49%	66%	86%	66%	77%	110%								
	SE	71%	74%	104%	71%	95%	117%	34%	51%	71%	91%	71%	81%	114%								
	S	63%	66%	98%	63%	87%	110%	31%	46%	63%	82%	63%	73%	103%								
	SW	85%	89%	114%	85%	109%	132%	40%	61%	85%	110%	85%	95%	130%								
	W	82%	86%	112%	82%	106%	129%	39%	59%	82%	106%	82%	93%	128%								
	NW	79%	83%	110%	79%	103%	126%	37%	57%	79%	103%	79%	90%	123%								

Fig. 4.11 Matriz de valores para um $g_{L,max}$

Nvc/Nv		I2			It			Aenv./Ap				α			orientações							
		V1	V2	V3	Forte	média	fraca	10%	15%	20%	25%	0,4	0,5	0,8	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
I2	V1				22%	41%	59%	15%	18%	22%	26%	22%	28%	49%	22%	25%	25%	26%	24%	30%	30%	28%
	V2				23%	41%	57%	15%	18%	23%	28%	23%	29%	52%	23%	26%	26%	28%	25%	32%	32%	31%
	V3				66%	68%	71%	51%	58%	66%	73%	66%	73%	96%	66%	70%	70%	72%	68%	76%	76%	74%
It	Forte	22%	23%	66%				15%	18%	22%	26%	22%	28%	49%	22%	25%	25%	26%	24%	30%	30%	28%
	média	41%	41%	68%				30%	35%	41%	47%	41%	48%	72%	41%	44%	45%	46%	43%	50%	50%	49%
	fraca	59%	57%	71%				44%	52%	59%	66%	59%	67%	94%	59%	63%	63%	65%	61%	70%	69%	68%
Aenv./Ap	10%	15%	15%	51%	15%	30%	44%					15%	20%	41%	15%	16%	17%	17%	15%	18%	19%	18%
	15%	18%	19%	58%	18%	35%	52%					18%	24%	45%	18%	20%	21%	21%	19%	24%	24%	23%
	20%	22%	23%	66%	22%	41%	59%					22%	28%	49%	22%	25%	25%	26%	24%	30%	30%	28%
	25%	26%	28%	73%	26%	47%	66%					26%	32%	54%	26%	29%	30%	31%	28%	36%	36%	34%
α	0,4	22%	23%	66%	22%	41%	59%	15%	18%	22%	26%				22%	25%	25%	26%	24%	30%	30%	28%
	0,5	28%	29%	73%	28%	48%	67%	20%	24%	28%	32%				28%	31%	32%	33%	29%	37%	37%	35%
	0,8	49%	52%	96%	49%	72%	94%	41%	45%	49%	54%				49%	55%	56%	56%	51%	62%	62%	60%
	N	22%	23%	66%	22%	41%	59%	15%	18%	22%	26%	22%	28%	49%								
Orientações	NE	25%	26%	70%	25%	44%	63%	16%	20%	25%	29%	25%	31%	55%								
	E	25%	26%	70%	25%	45%	63%	17%	21%	25%	30%	25%	32%	56%								
	SE	26%	28%	72%	26%	46%	65%	17%	21%	26%	31%	26%	33%	56%								
	S	24%	25%	68%	24%	43%	61%	15%	19%	24%	28%	24%	29%	51%								
	SW	30%	32%	76%	30%	50%	70%	18%	24%	30%	36%	30%	37%	62%								
	W	30%	32%	76%	30%	50%	69%	19%	24%	30%	36%	30%	37%	62%								
	NW	28%	31%	74%	28%	49%	68%	18%	23%	28%	34%	28%	35%	60%								

Fig. 4.12 Matriz de valores para um $g_{L}=0,25$

Nvc/Nv		I2			It			Aenv./Ap				α			orientações							
		V1	V2	V3	Forte	média	fraca	10%	15%	20%	25%	0,4	0,5	0,8	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
I2	V1				6%	17%	30%	7%	7%	6%	6%	6%	9%	22%	6%	7%	7%	7%	6%	7%	7%	7%
	V2				7%	17%	29%	7%	7%	7%	6%	7%	10%	23%	7%	7%	8%	7%	7%	8%	8%	8%
	V3				36%	39%	43%	36%	36%	36%	36%	36%	43%	65%	36%	38%	38%	38%	36%	38%	39%	38%
It	Forte	6%	7%	36%				7%	7%	6%	6%	6%	9%	22%	6%	7%	7%	7%	6%	7%	7%	7%
	média	17%	17%	39%				18%	18%	17%	17%	17%	22%	40%	17%	18%	19%	18%	17%	19%	19%	19%
	fraca	30%	29%	43%				30%	30%	30%	30%	30%	36%	58%	30%	31%	32%	31%	30%	32%	32%	32%
Aenv./Ap	10%	7%	7%	36%	7%	18%	30%					7%	11%	26%	7%	8%	8%	8%	7%	8%	8%	8%
	15%	7%	7%	36%	7%	18%	30%					7%	10%	24%	7%	7%	8%	7%	7%	8%	8%	7%
	20%	6%	7%	36%	6%	17%	30%					6%	9%	22%	6%	7%	7%	7%	6%	7%	7%	7%
	25%	6%	6%	36%	6%	17%	30%					6%	9%	20%	6%	7%	7%	7%	6%	7%	7%	7%
α	0,4	6%	7%	36%	6%	17%	30%	7%	7%	6%	6%				6%	7%	7%	7%	6%	7%	7%	7%
	0,5	9%	10%	43%	9%	22%	36%	11%	10%	9%	9%				9%	10%	10%	10%	9%	10%	11%	10%
	0,8	22%	23%	65%	22%	40%	58%	22%	24%	22%	20%				22%	24%	25%	24%	22%	24%	25%	24%
	N	6%	7%	36%	6%	17%	30%	7%	7%	6%	6%	6%	9%	22%								
Orientações	NE	7%	7%	38%	7%	18%	31%	8%	7%	7%	7%	7%	10%	24%								
	E	7%	8%	38%	7%	19%	32%	8%	8%	7%	7%	7%	10%	25%								
	SE	7%	7%	38%	7%	18%	31%	8%	7%	7%	7%	7%	10%	24%								
	S	6%	7%	36%	6%	17%	30%	7%	7%	6%	6%	6%	9%	22%								
	SW	7%	8%	38%	7%	19%	32%	8%	8%	7%	7%	7%	10%	24%								
	W	7%	8%	39%	7%	19%	32%	8%	8%	7%	7%	7%	11%	25%								
	NW	7%	8%	38%	7%	19%	32%	8%	7%	7%	7%	7%	10%	24%								

Fig. 4.13 Matriz de valores para um $g_{L}=0,04$

Observando e comparando as três matrizes apresentadas, verifica-se que para um factor solar mínimo ($g_{\perp}=0,04$) as necessidades de arrefecimento são maioritariamente mínimas, excepto para a combinação entre os parâmetros zona climática V₃, inércia térmica fraca e coeficiente de absorção máximo (0,8). Relativamente à matriz com um factor solar máximo admissível ($g_{\perp \text{ máx}}$), verificam-se situações não regulamentares para os valores mais desfavoráveis de todos os parâmetros. Note-se que pelo facto da fracção II representar uma moradia com uma distribuição de envidraçados real, as orientações mais desfavoráveis localizam-se no quadrante oeste (SW, W, NW).

Relativamente à situação com um factor solar intermédio, observam-se valores elevados, definidos pela combinação entre os parâmetros zona climática V₃, orientação desfavorável, inércia fraca e coeficiente de absorção relativo à cor escura.

Apresenta-se, para a actual fracção II, as três simulações relativas à variação do factor solar do vão envidraçado, para os quadros de simulação relativos às combinações entre parâmetros.

Quadro 4.26 – Variação do factor solar do vão envidraçado – fracção II

Disposição	Zona climática	Aenv/Ap	Inércia	α	g_{\perp}		
					$g_{\perp \text{ máx}}$	0,25	0,04
Favorável	V1	10%	Média	0,4	55,3%	36,1%	21,7%
				0,8	95,7%	71,3%	51,1%
			Forte	0,4	35,7%	19,7%	9,4%
				0,8	74,2%	50,4%	32,0%
		25%	Média	0,4	108,3%	48,5%	17,1%
				0,8	151,2%	82,0%	39,6%
			Forte	0,4	82,8%	27,8%	6,1%
				0,8	126,3%	57,3%	20,8%
	V3	10%	Média	0,4	73,6%	60,5%	43,2%
				0,8	105,9%	92,5%	74,5%
			Forte	0,4	72,1%	58,6%	40,7%
				0,8	105,0%	91,4%	73,0%
		25%	Média	0,4	116,2%	77,7%	39,9%
				0,8	146,8%	107,8%	68,3%
			Forte	0,4	115,0%	75,7%	36,4%
				0,8	146,0%	106,4%	66,0%
Desfavorável	V1	10%	Média	0,4	63,8%	39,1%	21,9%
				0,8	105,5%	75,0%	51,1%
			Forte	0,4	43,4%	22,0%	9,5%
				0,8	84,0%	53,9%	32,0%
		25%	Média	0,4	133,8%	56,6%	17,6%
				0,8	178,1%	91,0%	39,7%
			Forte	0,4	108,5%	34,5%	6,3%
				0,8	154,2%	65,9%	20,8%
	V3	10%	Média	0,4	80,0%	63,6%	43,5%
				0,8	112,2%	95,4%	74,5%
			Forte	0,4	78,7%	61,8%	40,9%
				0,8	111,4%	94,3%	73,0%
		25%	Média	0,4	132,5%	85,4%	40,5%
				0,8	162,6%	115,0%	68,4%
			Forte	0,4	131,5%	83,6%	37,0%
				0,8	161,9%	113,8%	66,1%

Observando o quadro final relativo à fracção II e à variação do factor solar do vão envidraçado, constata-se que as interpretações referenciadas para a fracção I.b coincidem com as interpretações relativas ao presente quadro de valores, o que se justifica pela semelhança das duas tipologias em análise relativamente à envolvente exterior.

Com carácter informativo e terminante deste capítulo, seria importante referir que relativamente a todos os quadros apresentados no presente capítulo, a comparação quantitativa de resultados entre as duas zonas climáticas analisadas não será apropriada, pelo facto de os limites regulamentares serem diferenciados de zona para zona climática. Face a essa diferenciação, uma correcta comparação de valores apenas terá sentido a nível qualitativo, o que justifica a atribuição de cores para um conjunto de intervalos de valores.

5

RECOMENDAÇÕES

Este capítulo, intitulado de recomendações, visa apresentar e adaptar para a realidade portuguesa, de uma maneira genérica, uma metodologia descrita num documento francês publicado pelo Centre Scientifique et Technique du Bâtiment [11], onde é classificado e relacionado o factor solar dos vãos envidraçados com a inércia térmica, a zona climática de Verão, a orientação dos envidraçados e a existência ou não de ventilação transversal nas habitações. Como produto final desta proposta a validar, é obtido um quadro onde são definidas, para cada combinação de parâmetros, as soluções exigenciais de vãos envidraçados para garantir o conforto térmico no Verão, assim como revela as combinações onde será necessário recorrer à climatização das habitações para garantir o mesmo conforto.

Prossegue-se com a breve descrição dos parâmetros dissecados nesta proposta e da respectiva metodologia, seguida da aplicação desta numa dada habitação apresentando o quadro final que relaciona todos os parâmetros em jogo.

5.1. DESCRIÇÃO DE PARÂMETROS E METODOLOGIA

Os parâmetros intervenientes nesta metodologia proposta, tal como mencionado anteriormente, são o factor solar dos vãos envidraçados que inclui o envidraçado e respectiva protecção solar, a inércia térmica, a zona climática de Verão, a orientação dos vãos envidraçados e a existência ou não de ventilação transversal na habitação. Faz todo o sentido contabilizar o efeito da ventilação na estação de arrefecimento, atendendo que esta facilita a satisfação das exigências de conforto a partir da redução do aumento da temperatura interior, assim como a renovação do volume de ar interior. Sem grande aprofundamento, considerou-se apenas a existência ou a não existência de ventilação transversal.

Para classificação das soluções exigenciais dos vãos envidraçados quanto ao seu desempenho em função das características térmicas, torna-se necessário analisar a influência da orientação dos vãos envidraçados no que diz respeito aos ganhos solares. Relativamente à orientação dos vãos envidraçados, e atendendo ao descrito no documento base analisado neste capítulo [11], a orientação Norte é evidentemente a mais favorável para o conforto térmico no Verão. A orientação Oeste, para a qual a máxima exposição ao sol tem lugar no momento em que é atingida a máxima temperatura interior, é a mais desfavorável. As orientações Este e Sul, são aproximadamente equivalentes. Analisada a influência da orientação dos vãos envidraçados nos ganhos solares para a situação de Verão, torna-se possível categorizar as diversas orientações segundo três intervalos ou classes de orientação denominadas de Norte, Este-Sul e Oeste. A distinção das três classes está representada na Figura 5.1.

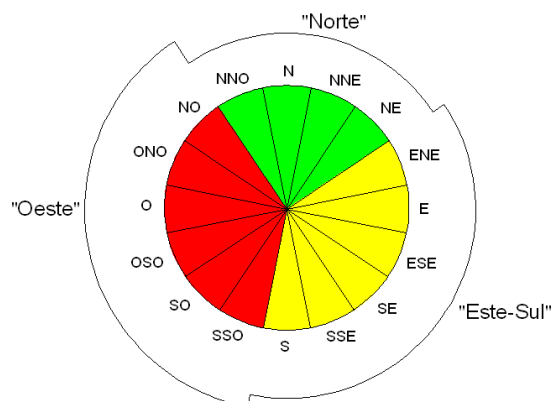


Fig. 5.1 Agrupamento das orientações equivalentes – adaptado [11]

Apresenta-se de seguida no Quadro 5.1, uma proposta de classificação dos vãos envidraçados face ao factor solar do vão envidraçado relacionado com a respectiva área envidraçada e a área útil de pavimento do compartimento.

Quadro 5.1 – Classificação dos vãos envidraçados

Classe	$g_{\perp} \cdot A_{\text{vidro}}/A_{\text{útil}}$
1	$\leq 0,015$
2	$0,015 < \dots \leq 0,030$
3	$0,030 < \dots \leq 0,055$
4	$0,055 < \dots \leq 0,085$
5	$> 0,085$

A metodologia proposta, relaciona as características térmicas de uma habitação, como a inércia térmica, a zona climática, a orientação dos envidraçados e a ventilação transversal da habitação, com a classe de desempenho da protecção solar do vão envidraçado, o que será descrito no ponto seguinte.

5.2. APLICAÇÃO

O principal objectivo deste capítulo consiste em apresentar e adaptar para a realidade portuguesa, uma proposta a avaliar, de uma metodologia aplicada às habitações correntes onde são definidas as características dos vãos envidraçados e onde são avaliadas as condições necessárias para garantir a satisfação de um determinado nível de conforto térmico. Abordando a variação da orientação, da inércia térmica, da zona climática de Verão e do factor solar do vão envidraçado, esta metodologia gira fundamentalmente em torno do factor solar, descrevendo e classificando o tipo de protecção solar do vão envidraçado e respectivo factor solar.

Apresenta-se no Quadro 5.2 a aplicação da metodologia, retratando a classe de desempenho dos vãos envidraçados para cada combinação do conjunto de parâmetros ou características térmicas da habitação. Para uma aplicação concreta destes dados num determinado caso, a classe de desempenho dos vãos envidraçados deve ser no mínimo igual ao valor indicado no Quadro 5.2.

Quadro 5.2 – Classe dos vãos envidraçados para uma habitação

Zona climática	Inércia	Com ventilação			Sem ventilação		
		Orientações			Orientações		
		N	E-S	O	N	E-S	O
V1	Forte	5	5	5	5	5	5
	Média	5	5	3	5	4	2
	Fraca	5	2	1	5	*	*
V2	Forte	5	4	3	5	4	3
	Média	4	2	1	4	*	*
	Fraca	2	*	*	2	*	*
V3	Forte	4	2	1	4	2	1
	Média	2	*	*	2	*	*
	Fraca	*	*	*	*	*	*

* Necessidade de proceder à climatização

O quadro apresentado, expõe também as situações em que a variação dos parâmetros em análise são insuficientes para garantir um determinado nível de conforto, remetendo o caso para uma solução com recurso à climatização. Mas a climatização clássica dos dias de hoje nem sempre será a única e melhor solução. Existem diversas soluções que permitem evitar o recurso aos meios clássicos de climatização como por exemplo, e a título meramente informativo, o arrefecimento do ar por evaporação da água, o arrefecimento do ar interior utilizando a inércia térmica do solo, entre outros.

Determinada a classe dos vãos envidraçados, é possível relacionar esta última com o factor solar do envidraçado e assim caracterizar a protecção solar a introduzir no respectivo vão envidraçado. Apresenta-se no Quadro 5.3 exemplos de soluções de vãos envidraçados, onde para as 5 classes é definido o factor solar e respectiva protecção solar.

Quadro 5.3 – Exemplo de soluções de vãos envidraçados de classe 1 a 5

Classe	$A_{\text{vidro}}/A_{\text{útil}}$	g_{\perp}	Caracterização da protecção
1	10%	$\leq 0,15$	Excelente protecção exterior
	20%	$\leq 0,08$	
	30%	$\leq 0,05$	
	40%	$\leq 0,04$	
2	10%	$0,15 < \dots \leq 0,30$	Boa protecção exterior
	20%	$0,08 < \dots \leq 0,15$	
	30%	$0,05 < \dots \leq 0,10$	
	40%	$0,04 < \dots \leq 0,08$	
3	10%	$0,30 < \dots \leq 0,55$	Protecção exterior corrente
	20%	$0,15 < \dots \leq 0,28$	
	30%	$0,10 < \dots \leq 0,18$	
	40%	$0,08 < \dots \leq 0,14$	
4	10%	$0,55 < \dots \leq 0,85$	Boa protecção interior
	20%	$0,28 < \dots \leq 0,43$	
	30%	$0,18 < \dots \leq 0,28$	
	40%	$0,14 < \dots \leq 0,21$	
5	10%	$> 0,85$	Simples protecção interior
	20%	$> 0,43$	
	30%	$> 0,28$	
	40%	$> 0,21$	

Analisando o Quadro 5.2, com recurso ao Quadro 5.3, e desprezando do primeiro os valores relativos à inércia fraca que é pouco comum na construção portuguesa, constata-se que para uma situação sem ventilação e independente da zona climática, apenas uma habitação com inércia forte pode satisfazer as exigências sem recorrer à climatização, tendo para isso necessidade de possuir uma protecção solar simples para a orientação mais favorável (Norte), e uma protecção solar muito eficiente para a orientação mais desfavorável (Oeste). Para uma inércia média, apenas a zona climática V_1 e orientação Norte conseguem satisfazer as exigências recorrendo a uma protecção solar.

Analisando a secção relativa à existência de ventilação, a zona climática V_3 apenas satisfaz as exigências recorrendo a uma protecção solar para uma situação com inércia média combinada com orientação Norte, e para uma situação de inércia forte. Relativamente às zonas climáticas V_1 e V_2 , o recurso a uma protecção solar é suficiente para satisfazer as exigências, variando a classe da protecção mínima entre a classe 1 e 4, para a orientação mais desfavorável e favorável respectivamente.

A inclusão deste capítulo no presente trabalho, tem como intuito apresentar esta metodologia como sendo uma proposta que seria submetida posteriormente a uma validação, para uma correcta adaptação à realidade portuguesa.

6

CONCLUSÃO

O objectivo principal deste estudo, tal como foi referenciado no início, consistia em constituir uma base de dados e de informação que possibilitasse a avaliação da influência de determinados parâmetros e características solares pertencentes à envolvente exterior, na quantificação das necessidades de arrefecimento. A partir do conjunto de simulações consideradas neste estudo, atingiu-se o objectivo proposto, obtendo-se um conjunto de resultados que permitirão uma avaliação e previsão do comportamento térmico na estação de arrefecimento de habitações em Portugal continental.

Abordando as fracções tipo simuladas neste estudo e analisando os resultados obtidos a partir das simulações, pode-se concluir que:

- Comparando os valores obtidos para as duas tipologias consideradas neste estudo, moradias e apartamentos, verifica-se uma influência da orientação, da cor envolvente opaca, da inércia térmica e da zona climática ligeiramente mais acentuada para a moradia do que para um apartamento tipo, o que se explica pelo facto da superfície envolvente e respectivo factor de forma serem mais elevado.
- Relativamente às fracções tipo representativas de um apartamento, como seria de esperar a fracção tipo que contém uma superfície envolvente horizontal apresenta valores superiores quando comparado com outra localizada num piso intermédio.
- Ao simular a variação das zonas climáticas de Verão, verificou-se um aumento considerável do valor das necessidades de arrefecimento na passagem de uma zona V_1 ou V_2 , para uma zona climática V_3 , enquanto que para as zonas climáticas V_1 e V_2 , verificaram-se valores aproximados.
- Para uma zona climática V_3 combinada com uma disposição de envidraçados desfavorável, geralmente se atinge valores elevados, enquanto que para uma mesma disposição desfavorável combinada com uma zona climática V_1 é possível atingir valores de baixa necessidade de arrefecimento.
- À medida que se aumenta a inércia térmica, as necessidades de arrefecimento diminuem, e atendendo aos resultados obtidos, constata-se também que a inércia térmica tem uma maior influência na zona climática V_1 do que na zona climática V_3 . Tal situação ocorre pelo facto de numa zona climática V_3 a razão entre os ganhos e as perdas térmicas ser maior, o que leva a um aumento dos ganhos não úteis e à diminuição do efeito da inércia térmica.

- Relativamente à variação da área envidraçada, apenas se verifica um aumento gradual das necessidades, fazendo-se sentir com maior influência para a zona V_3 . Note-se que quando se variou o factor solar do vão envidraçado obtiveram-se valores em que para um factor solar mínimo, o aumento da área de envidraçados induzia uma ligeira diminuição das necessidades de arrefecimento. Contudo seria interessante assumir uma variação mais significativa para a área de envidraçados.
- Para uma fracção tipo II, moradia, a área envidraçada máxima aceitável é inferior à considerada para um apartamento. Assumindo um factor solar máximo, a área máxima aceitável corresponde aos 15%.
- Abordando a variação da orientação, verifica-se que para orientações mais desfavoráveis é possível atingir valores elevadíssimos quando combinado com um factor solar máximo admissível, ou com uma zona climática V_3 , ou com uma área de envidraçados superior a 20% da área útil de pavimento.
- A consideração de uma cor escura em vez de uma cor clara para a envolvente exterior opaca de uma fracção, isto é, um aumento do coeficiente de absorção de 0,4 para 0,8, pode provocar aumentos consideráveis do valor das necessidades de arrefecimento. Para uma fracção localizada num piso intermédio, a influência do coeficiente de absorção da envolvente é menos acentuada já que não se faz sentir através da cobertura.

Note-se que determinados valores elevados obtidos a partir deste estudo referem-se a situações exageradas e pouco, ou até nunca, usuais nas habitações correntes. A título de exemplo, uma situação representativa deste tipo possuiria uma cor da envolvente escura, com uma disposição de envidraçados desfavorável numa zona climática rigorosa e com baixa inércia térmica. De uma maneira global, a combinação de vários parâmetros desfavoráveis podem comprometer, como seria de esperar, a verificação regulamentar das necessidades de arrefecimento, o que nos levaria para uma situação de comportamento térmico particularmente preocupante.

Seria importante referir também, que as conclusões apresentadas basearam-se nos resultados provenientes de uma base de dados relativamente “pobre”, o que não possibilita deduzir ilações concretas e fidedignas, atendendo que a análise do comportamento térmico de uma habitação não é de todo tão linear, devido à enorme variabilidade das características das habitações.

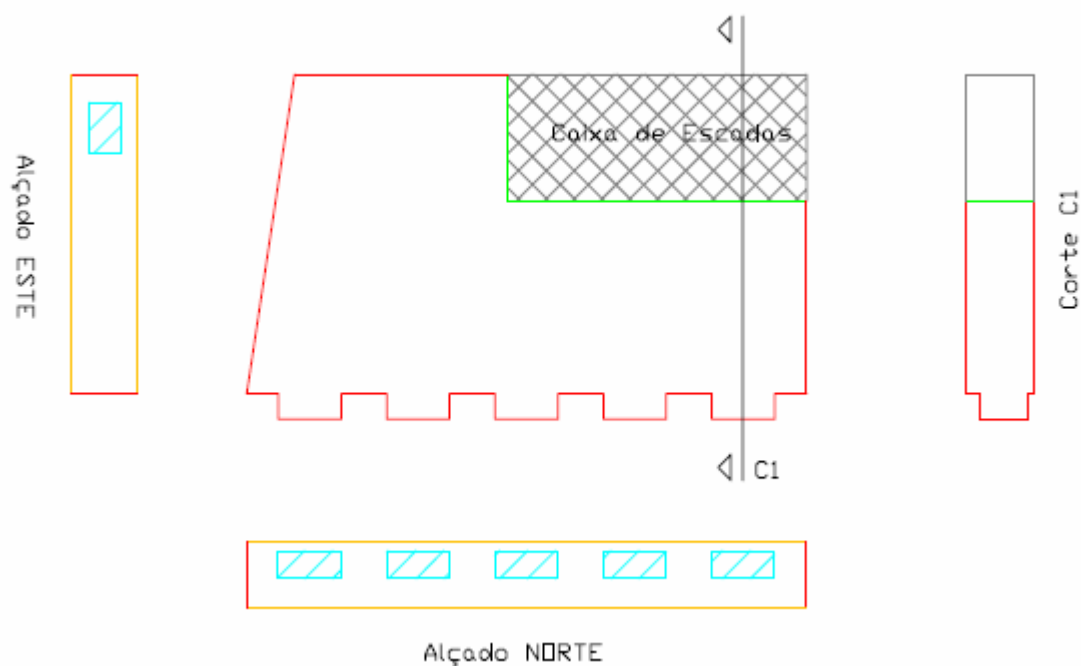
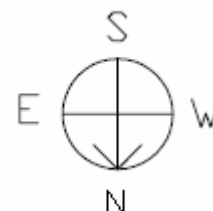
BIBLIOGRAFIA

- [1] Silva, S.M. e Almeida, M.G. *Avaliação do impacto energético e económico de diferentes soluções construtivas*. Documento Técnico n.º 18, Departamento de Engenharia Civil – Universidade do Minho, 2003.
- [2] <https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/6940>, Outubro 2007.
- [3] Lanham, A., Gama, P. e Braz, R. *Arquitectura Bioclimática – perspectivas de inovação e futuro*. Seminários de Inovação, IST da Universidade Técnica de Lisboa, 2004.
- [4] Almeida, A., Mariano, J., Amaral, P.G. e Tavares, P. *Contribuição do INESC Coimbra para o Estudo Prévio do Futuro Museu de Olaria e Grés de Oliveira do Bairro*. Documento Técnico n.º 2/2003, INESC-Coimbra, 2003.
- [5] Direcção Geral de Energia – Ministério da Economia. *Eficiência energética nos edifícios*. D.G.E., Fevereiro 2002, 49p.
- [6] *Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios*. Diário da República n.º67 , Decreto-Lei n.º 80/2006.
- [7] Silva, Pedro C.P. *Análise do comportamento térmico de construções não convencionais através de simulação em VisualDOE*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade do Minho, 2006.
- [8] Camelo, S., Santos, C.P., Ramalho, A., Horta, C., Gonçalves, H. e Maldonado, E. *Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios – Manual de apoio*. INETI, Lisboa, 2006.
- [9] Gomes, Ruy J. *Condicionamentos climáticos da envolvente dos edifícios para habitação*. Dissertação apresentada a concurso para investigador, LNEC, 1962.
- [10] Gonçalves, H. e Graça, J.M. *Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal*. Edição: Direcção Geral de Geologia e Energia / IP-3E, Lisboa, 2004.
- [11] R.E.E.F. *Confort d'été – Titre IV*. Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, Paris, 1988.

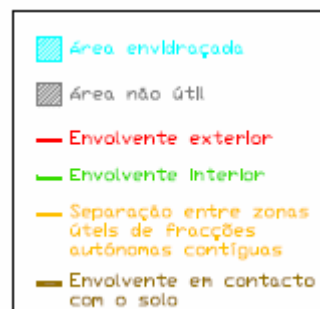
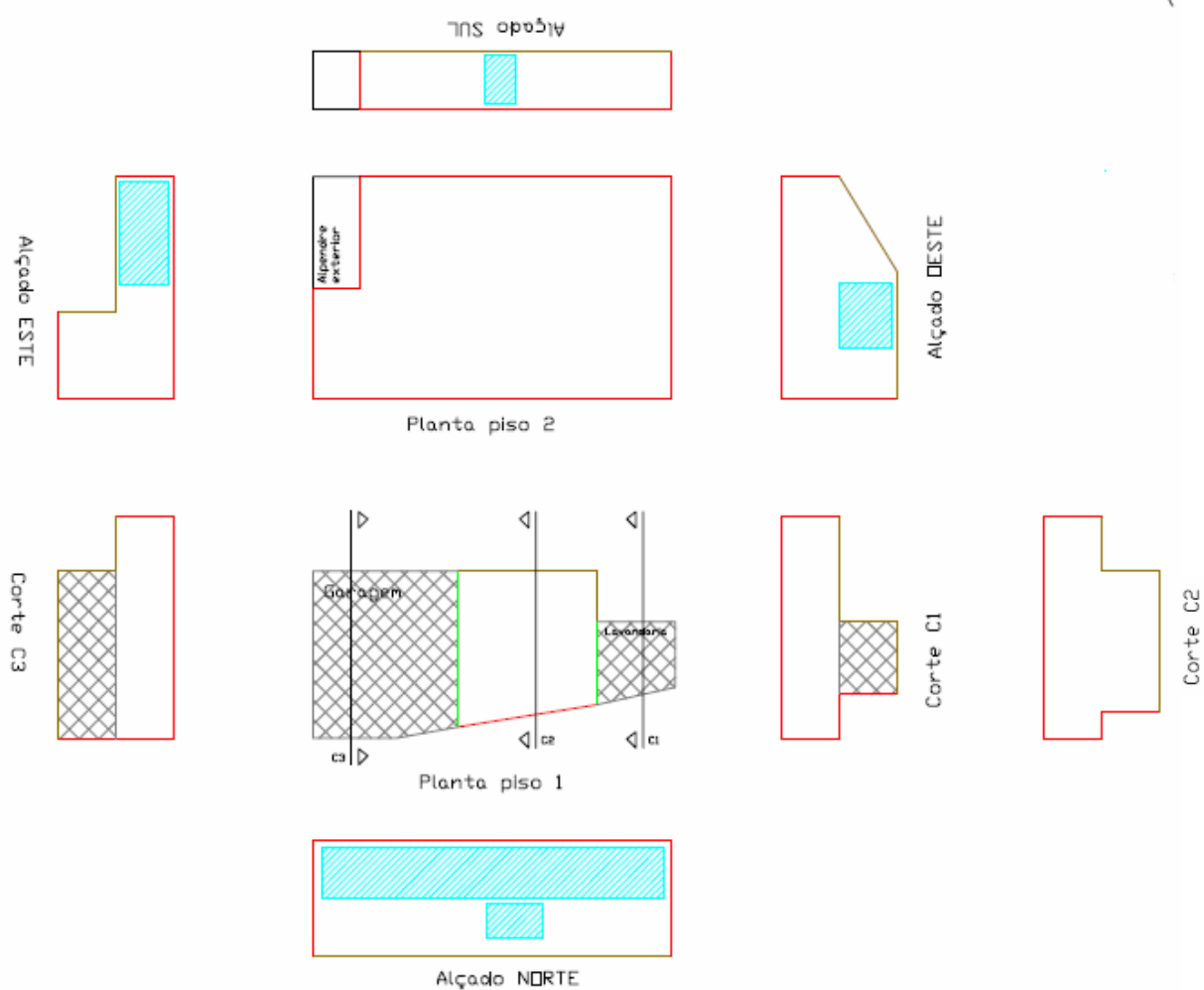
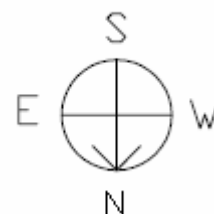
ANEXO 1

PLANTAS DAS FRACÇÕES QUE CONSTITUEM A BASE DE DADOS

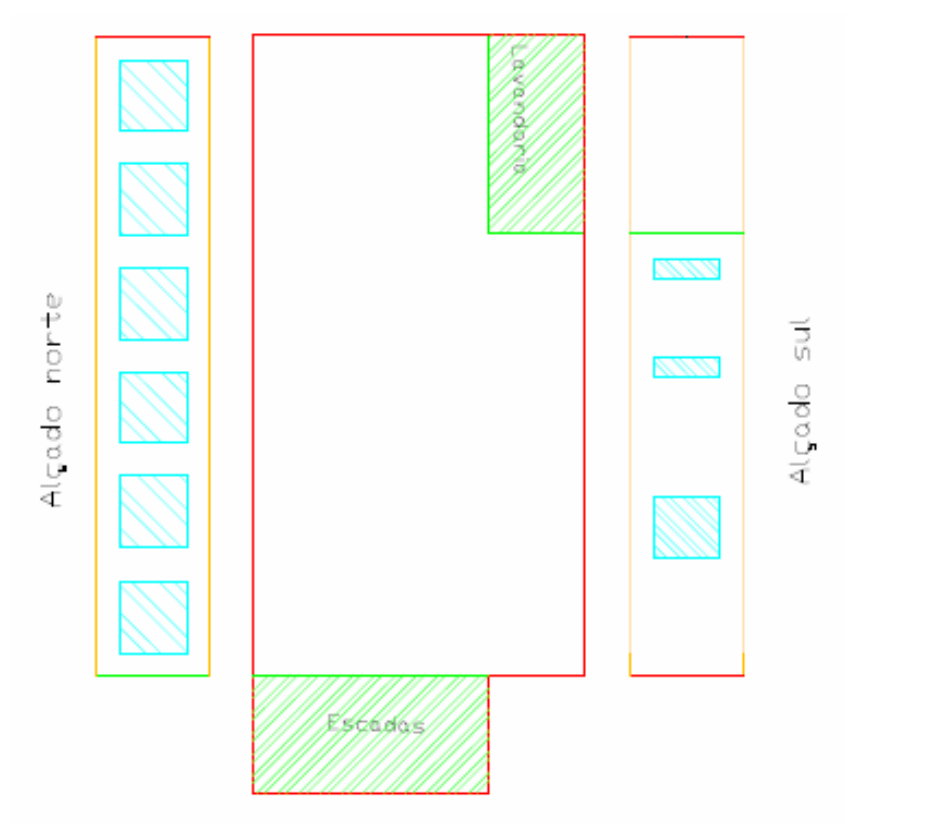
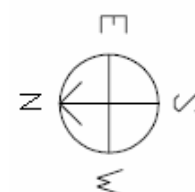
Apartamento – NF1








Moradia – NF2

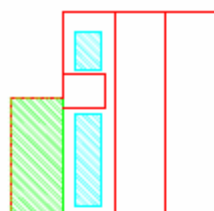
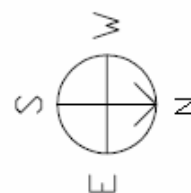


Apartamento – PT1

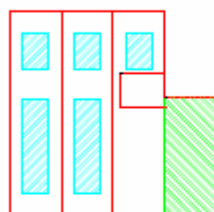


-  Área envidraçada
-  Área não útil
-  Envolvente exterior
-  Envolvente interior
-  Separação entre zonas úteis de fracções autónomas contíguas

Moradia – PT2



Alçado Sul



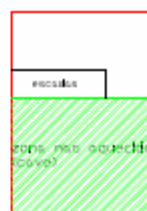
Alçado Norte



Alçado Oeste



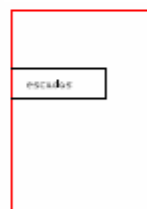
Alçado Este



Cave



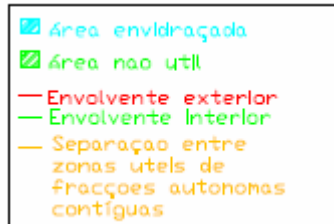
Rés-do-chão



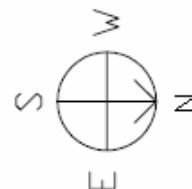
1º piso



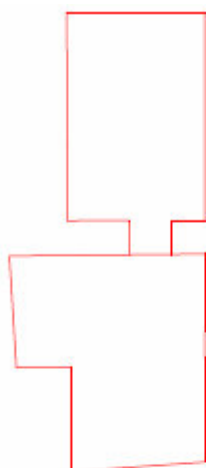
2º piso



Moradia – PT3



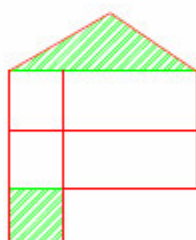
Planta da Cave



Planta do rés-do-chão



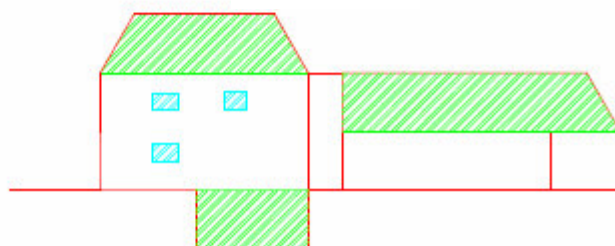
Planta do primeiro piso



Corte A A''



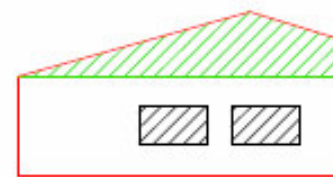
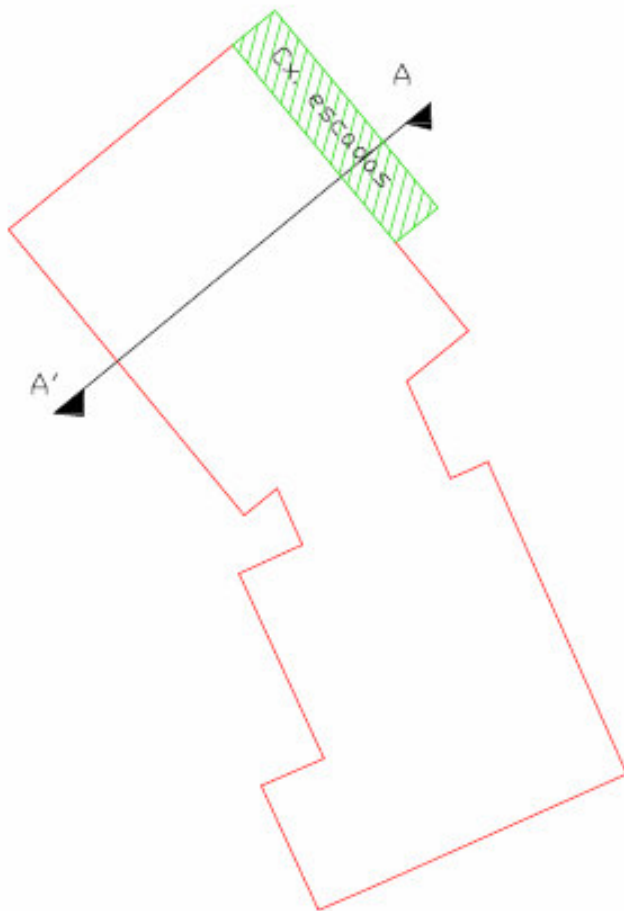
Alçado Norte



Alçado Sul

- Área envidraçada
- Área não útil
- Envolvente exterior
- Envolvente interior
- Separação entre zonas úteis de fracções autónomas contíguas






Moradia – PP1



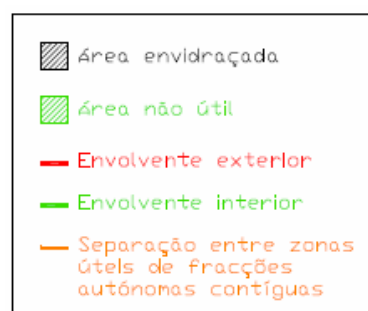
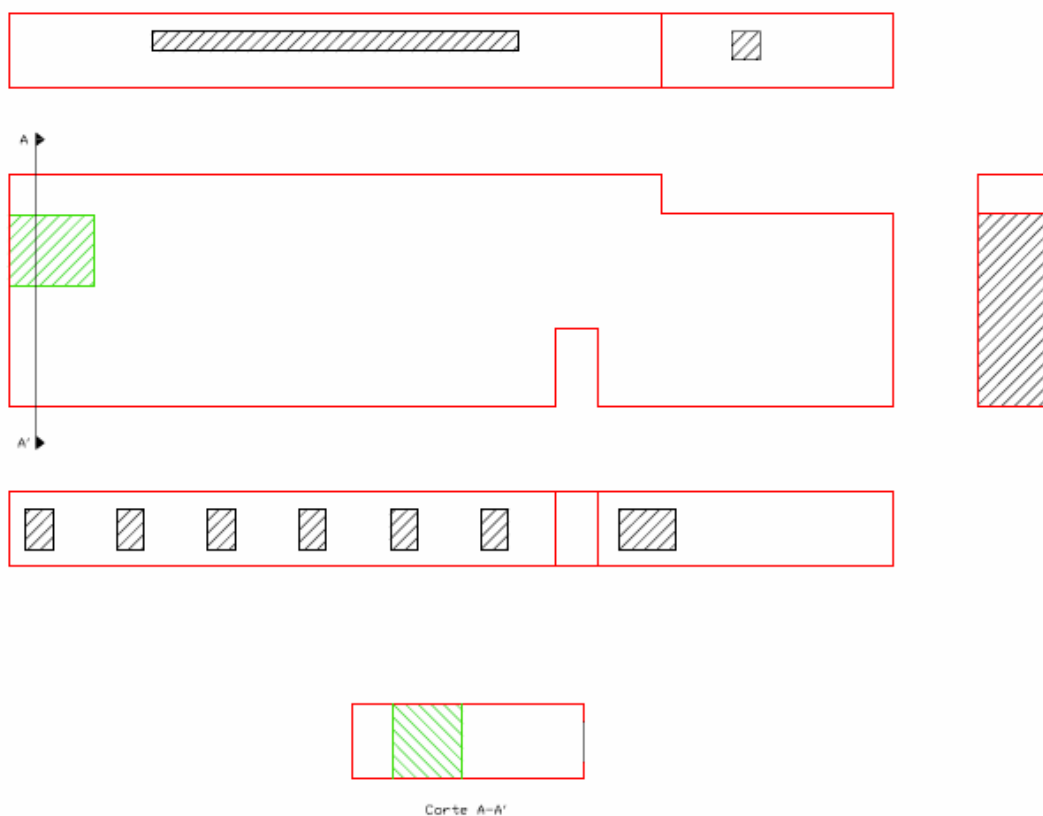
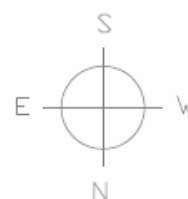
alçado SE



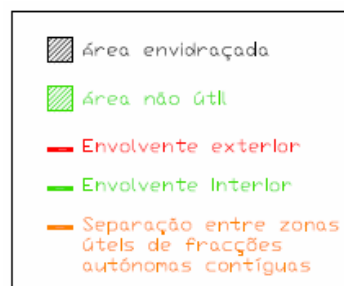
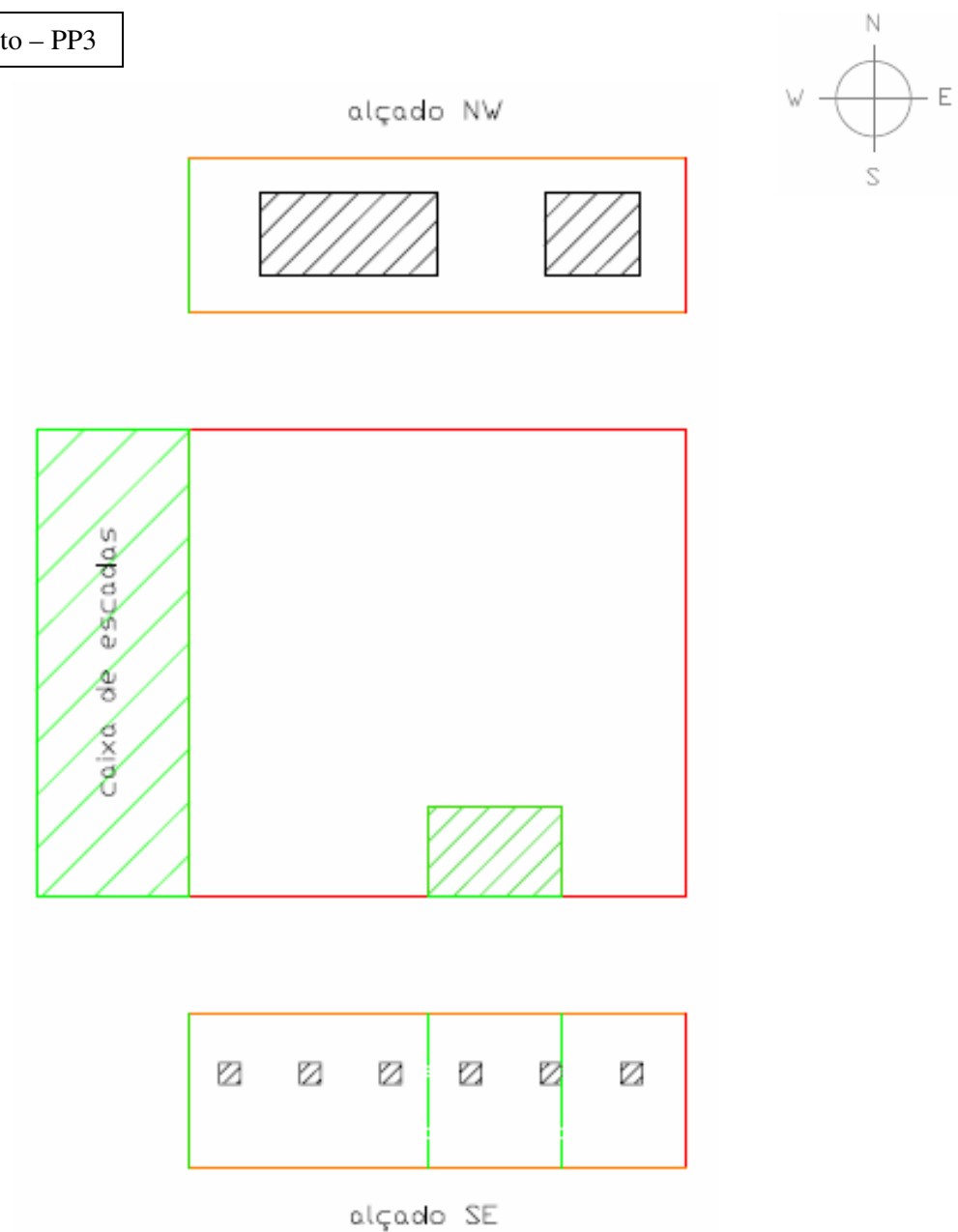
corte A-A'

-  Área envidraçada
-  Área não útil
-  Envolvente exterior
-  Envolvente interior
-  Separação entre zonas úteis de fracções autónomas contíguas

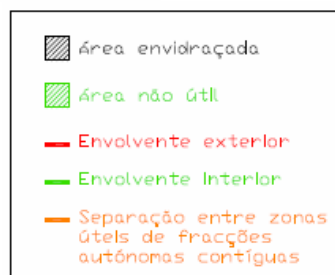
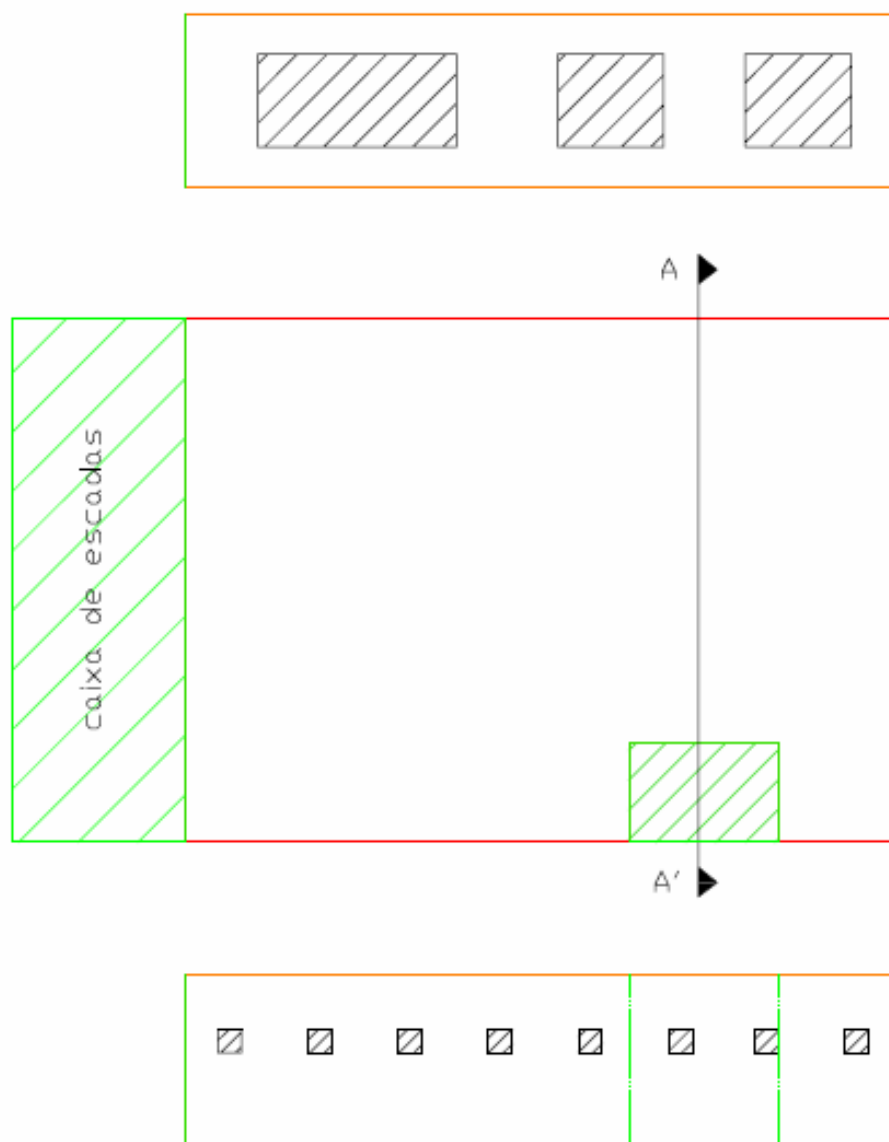
Moradia – PP2



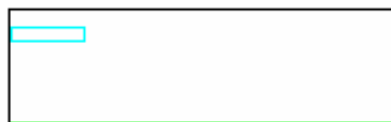
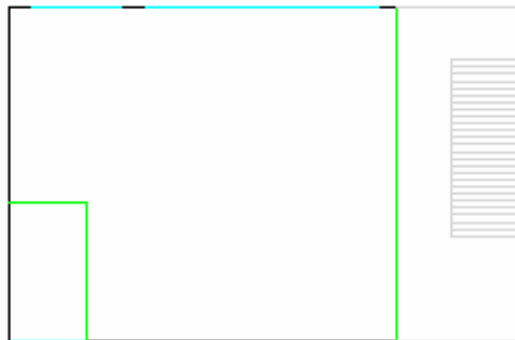
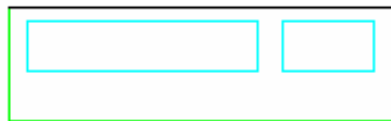
Apartamento – PP3



Apartamento – PP4

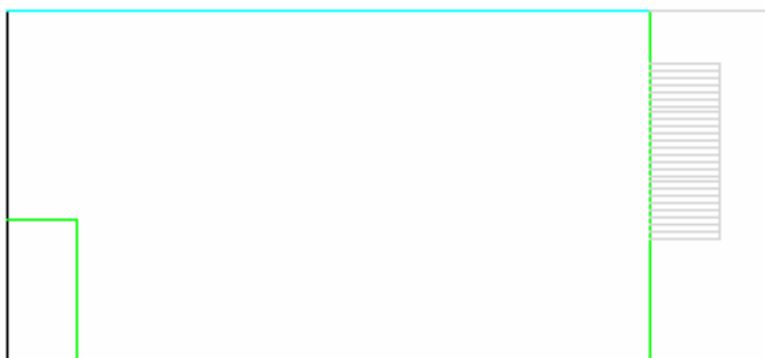
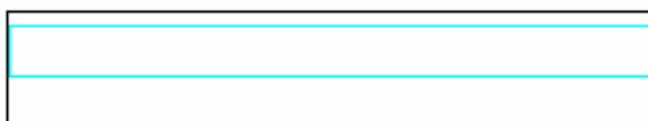


Apartamento – FE1



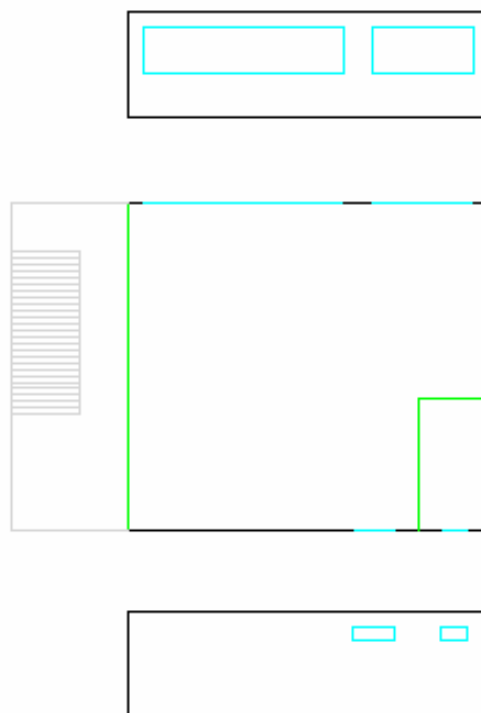
- Área envidraçada
- Envolvente exterior
- Separação entre zonas aquecidas de não aquecidas

Apartamento – FE2



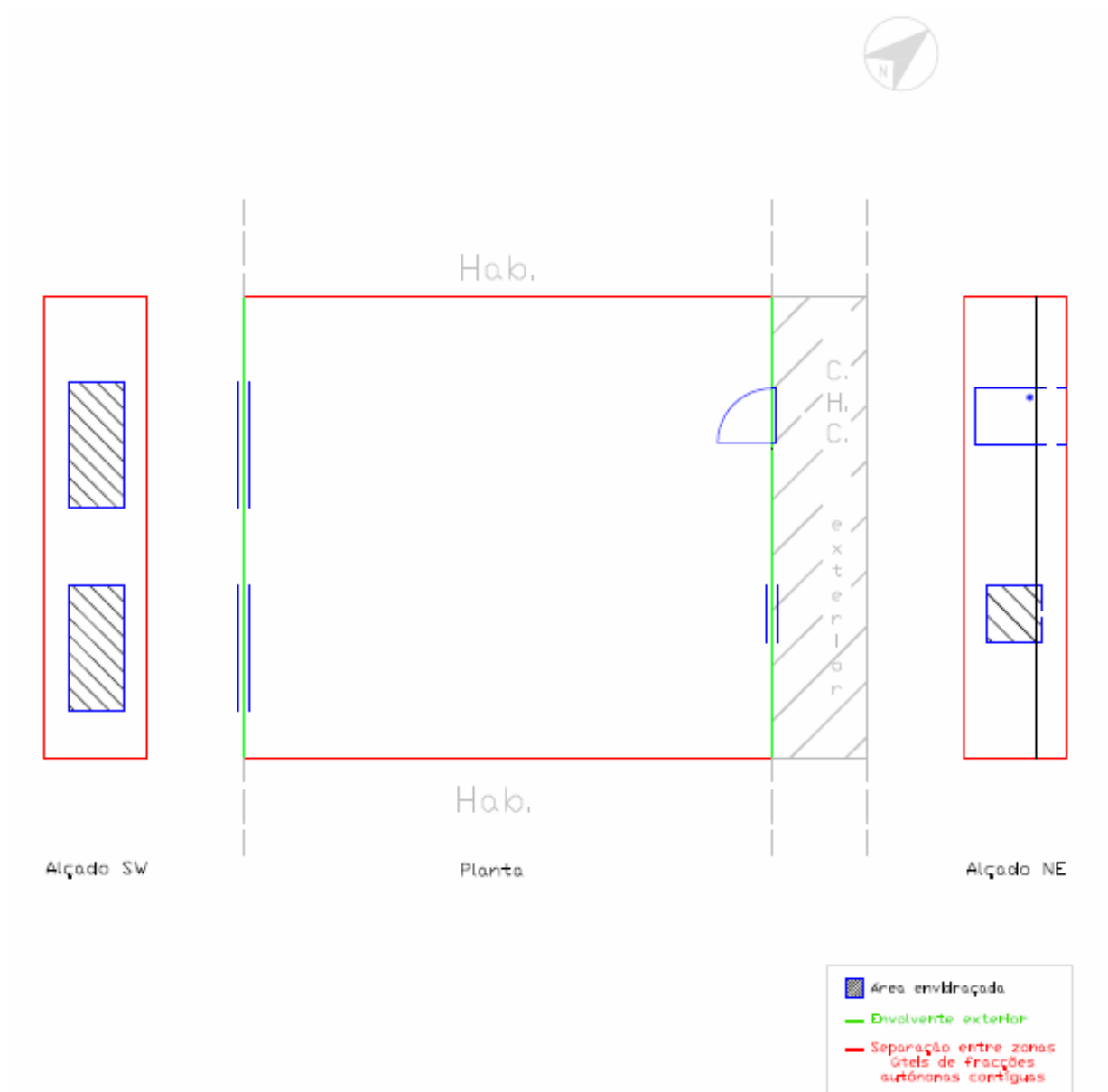
▨ Área envidraçada
— Envolvente exterior
— Separação entre zonas aquecidas de não aquecidas

Apartamento –FE3

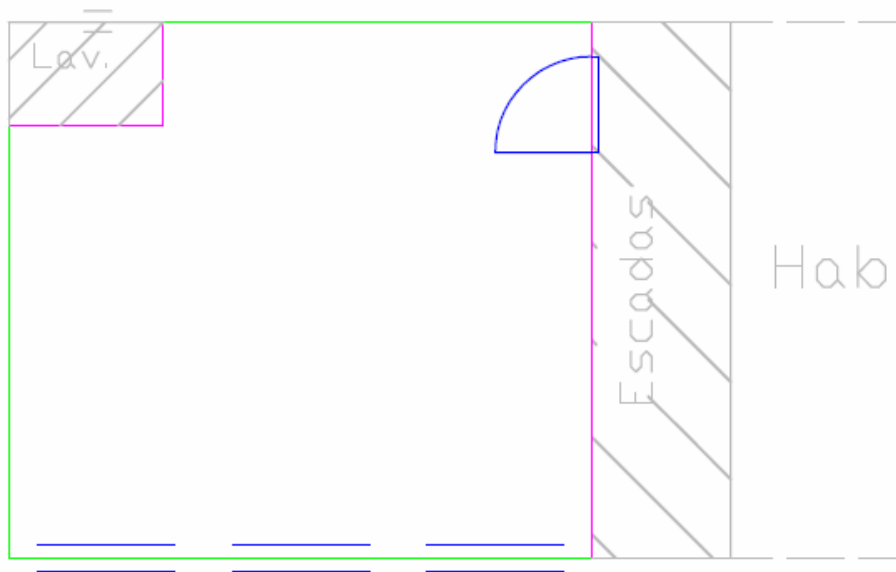





- Área envidraçada
- Envolvente exterior
- Separação entre zonas aquecidas de não aquecidas

Apartamento –FF1

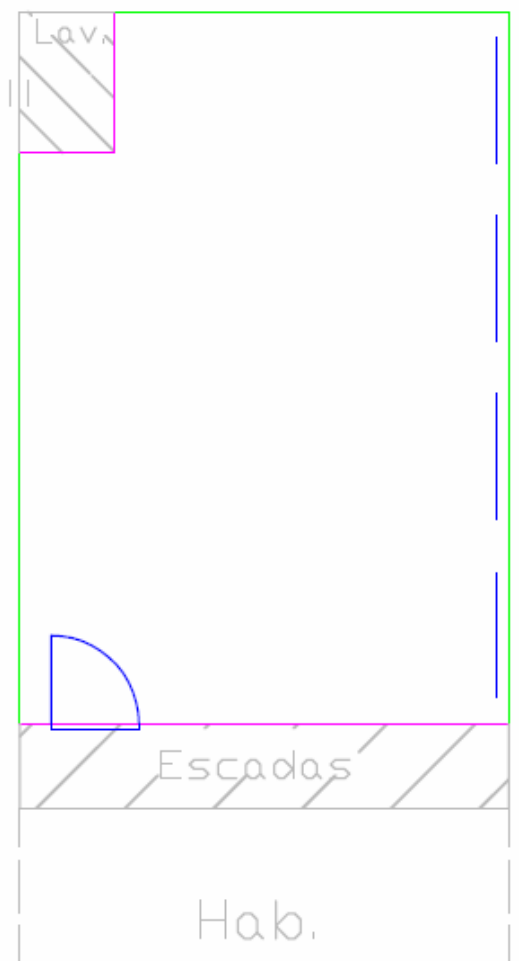





Apartamento –FF2



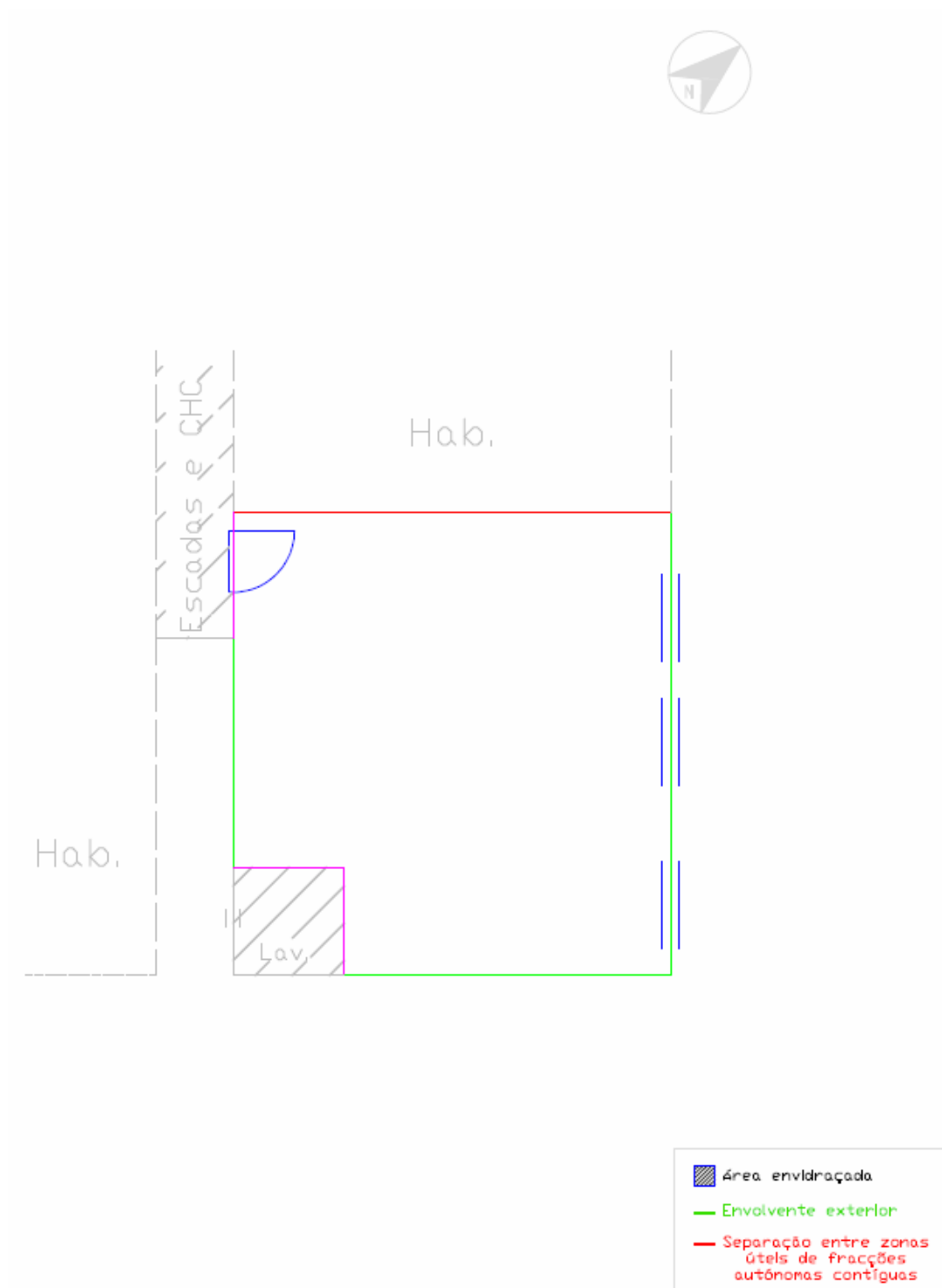
-  Área envidraçada
-  Envolvente exterior
-  Separação entre zonas úteis de fracções autónomas contíguas

Apartamento – FF3

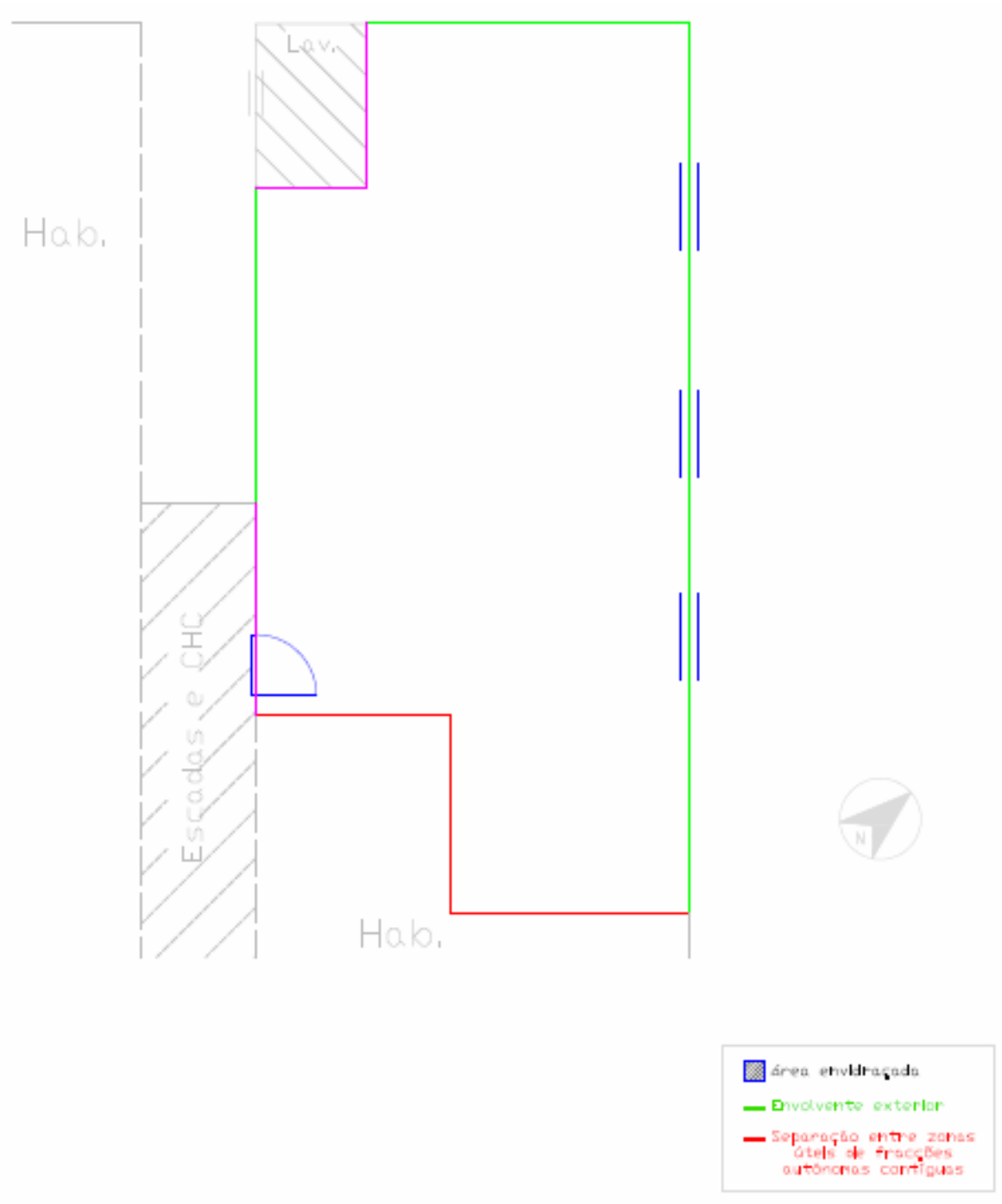


-  Área envidraçada
-  Envolvente exterior
-  Separação entre zonas
úteis de fracções
autónomas contíguas

Apartamento – FF4



Apartamento – FF5



ANEXO 2

QUADROS DE VALORES RELATIVOS AOS GRÁFICOS

Quadro 1 – Valores correspondentes à Figura 2.1

Nvc	Orientações							
Fracções	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
PT1	1,06	1,80	2,66	2,56	1,68	2,56	2,66	1,80
FF1	0,93	1,68	2,56	2,34	1,47	2,34	2,56	1,63
FF2	0,81	1,51	2,40	2,38	1,52	2,23	2,19	1,39
FF3	0,80	1,40	2,22	2,22	1,48	2,34	2,40	1,50
FF4	0,82	1,22	1,60	1,54	1,11	1,38	1,38	1,08
FF5	0,84	1,29	1,76	1,67	1,19	1,58	1,63	1,21
PP3	1,12	2,11	3,37	3,36	2,15	3,17	3,11	1,96
PP4	1,24	2,36	3,87	3,75	2,39	3,75	3,87	2,36
FE1	1,07	2,07	3,44	3,28	2,04	3,28	3,44	2,07
FE2	0,99	1,94	3,25	3,09	1,91	3,09	3,25	1,94
FE3	1,02	1,90	3,11	3,07	1,98	3,20	3,30	2,01
NF1	0,99	1,29	1,53	1,66	1,35	1,58	1,45	1,22

Quadro 2 – Valores correspondentes à Figura 2.2

Distritos	PT1			FF1			FF2			FF3		
	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Nvc	Nv	Nvc/Nv
Faro	10,0	32	31%	8,4	32	26%	8,8	32	28%	8,7	32	27%
Portalegre	10,4	32	32%	8,7	32	27%	9,1	32	28%	9,0	32	28%
Lisboa	1,0	16	6%	0,9	16	6%	0,8	16	5%	0,8	16	5%
Santarém	10,0	32	31%	8,6	32	27%	8,8	32	27%	8,7	32	27%
Braga	1,1	18	6%	1,0	18	5%	0,9	18	5%	0,9	18	5%
Viseu	1,1	16	7%	0,9	16	6%	0,8	16	5%	0,8	16	5%
Coimbra	6,0	26	23%	5,1	26	20%	5,0	26	19%	4,9	26	19%
Guarda	1,2	18	7%	1,0	18	6%	0,9	18	5%	0,9	18	5%
V. ^a do Castelo	1,1	16	7%	1,0	16	6%	0,8	16	5%	0,8	16	5%
Distritos	FF4			FF5			PP3			PP4		
	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Nvc	Nv	Nvc/Nv
Faro	8,4	32	26%	8,1	32	25%	9,9	32	31%	9,5	32	30%
Portalegre	8,5	32	27%	8,3	32	26%	10,2	32	32%	9,8	32	31%
Lisboa	0,8	16	5%	0,8	16	5%	1,1	16	7%	1,2	16	7%
Santarém	8,3	32	26%	8,1	32	25%	9,9	32	31%	9,6	32	30%
Braga	0,9	18	5%	0,9	18	5%	1,2	18	7%	1,3	18	7%
Viseu	0,8	16	5%	0,8	16	5%	1,1	16	7%	1,2	16	8%
Coimbra	4,9	26	19%	4,8	26	19%	6,0	26	23%	6,0	26	23%
Guarda	0,9	18	5%	0,9	18	5%	1,2	18	7%	1,3	18	7%
V. ^a do Castelo	0,9	16	5%	0,9	16	6%	1,2	16	7%	1,3	16	8%
Distritos	FE1			FE2			FE3			NF1		
	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Nvc	Nv	Nvc/Nv
Faro	9,2	32	29%	9,0	32	28%	9,8	32	31%	9,3	32	29%
Portalegre	13,7	32	43%	9,4	32	29%	10,4	32	33%	9,4	32	29%
Lisboa	1,0	16	6%	0,9	16	6%	1,0	16	6%	0,9	16	6%
Santarém	9,4	32	29%	9,2	32	29%	9,8	32	31%	9,1	32	29%
Braga	1,1	18	6%	1,0	18	6%	1,1	18	6%	1,1	18	6%
Viseu	1,1	16	7%	1,0	16	6%	1,0	16	6%	1,0	16	6%
Coimbra	5,7	26	22%	5,5	26	21%	5,8	26	22%	5,5	26	21%
Guarda	1,2	18	7%	1,1	18	6%	1,1	18	6%	1,1	18	6%
V. ^a do Castelo	1,1	16	7%	1,1	16	7%	1,1	16	7%	1,1	16	7%

Quadro 3 – Valores correspondentes à Figura 2.3

Distritos	PT1			FF1			FF2			FF3		
	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Nvc	Nv	Nvc/Nv
Faro	16,1	32	50%	13,9	32	43%	15,1	32	47%	9,3	32	29%
Portalegre	16,3	32	51%	14,0	32	44%	15,2	32	48%	9,5	32	30%
Lisboa	2,4	16	15%	2,2	16	14%	2,1	16	13%	0,8	16	5%
Santarém	15,8	32	49%	13,9	32	43%	14,9	32	46%	9,1	32	29%
Braga	3,8	18	21%	2,9	18	16%	2,9	18	16%	1,3	18	7%
Viseu	2,6	16	16%	2,3	16	14%	2,2	16	14%	0,9	16	5%
Coimbra	11,1	26	43%	9,7	26	37%	10,2	26	39%	5,2	26	20%
Guarda	3,9	18	22%	3,0	18	17%	3,0	18	17%	1,3	18	7%
V. ^a do Castelo	2,7	16	17%	2,4	16	15%	2,4	16	15%	0,9	16	6%
Distritos	FF4			FF5			PP3			PP4		
	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Nvc	Nv	Nvc/Nv
Faro	11,3	32	35%	11,5	32	36%	16,2	32	51%	16,9	32	53%
Portalegre	11,3	32	35%	11,6	32	36%	16,4	32	51%	17,2	32	54%
Lisboa	1,3	16	8%	1,5	16	9%	2,7	16	17%	3,6	16	23%
Santarém	11,0	32	34%	11,3	32	35%	16,0	32	50%	16,8	32	53%
Braga	2,0	18	11%	2,3	18	13%	3,7	18	21%	4,7	18	26%
Viseu	1,4	16	9%	1,6	16	10%	2,9	16	18%	3,7	16	23%
Coimbra	7,1	26	27%	7,5	26	29%	11,5	26	44%	12,6	26	49%
Guarda	2,1	18	11%	2,3	18	13%	3,9	18	22%	4,8	18	27%
V. ^a do Castelo	1,5	16	9%	1,7	16	11%	3,0	16	19%	3,9	16	24%
Distritos	FE1			FE2			FE3			NF1		
	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Nvc	Nv	Nvc/Nv
Faro	16,1	32	50%	16,6	32	52%	17,8	32	56%	11,7	32	36%
Portalegre	16,3	32	51%	16,8	32	52%	19,0	32	59%	11,7	32	37%
Lisboa	6,5	16	41%	6,8	16	43%	7,6	16	48%	1,4	16	9%
Santarém	15,9	32	50%	16,4	32	51%	17,6	32	55%	11,4	32	36%
Braga	4,1	18	23%	4,2	18	23%	4,8	18	27%	2,3	18	13%
Viseu	6,8	16	42%	7,2	16	45%	7,5	16	47%	1,5	16	9%
Coimbra	11,5	26	44%	11,9	26	46%	12,6	26	49%	7,5	26	29%
Guarda	4,2	18	23%	4,4	18	24%	4,9	18	27%	2,4	18	13%
V. ^a do Castelo	7,1	16	44%	7,6	16	47%	7,9	16	50%	1,6	16	10%

Quadro 4 – Valores correspondentes à Figura 2.4

Distritos	PT1			FF1			FF2			FF3		
	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Nvc	Nv	Nvc/Nv
Faro	17,6	32	55%	15,1	32	47%	16,6	32	52%	11,2	32	35%
Portalegre	17,8	32	56%	15,3	32	48%	16,8	32	52%	11,4	32	36%
Lisboa	7,0	16	44%	6,2	16	39%	6,5	16	41%	4,0	16	25%
Santarém	17,2	32	54%	15,1	32	47%	16,3	32	51%	10,9	32	34%
Braga	8,9	18	49%	7,1	18	40%	7,7	18	43%	4,9	18	27%
Viseu	7,1	16	44%	6,2	16	39%	6,6	16	41%	4,0	16	25%
Coimbra	13,7	26	53%	12,0	26	46%	12,9	26	50%	8,1	26	31%
Guarda	8,8	18	49%	7,2	18	40%	7,7	18	43%	4,8	18	26%
V.ª do Castelo	7,2	16	45%	6,3	16	40%	6,7	16	42%	3,9	16	25%
Distritos	FF4			FF5			PP3			PP4		
	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Nvc	Nv	Nvc/Nv
Faro	12,8	32	40%	12,9	32	40%	16,2	32	51%	17,9	32	56%
Portalegre	12,9	32	40%	13,0	32	41%	16,4	32	51%	18,2	32	57%
Lisboa	4,8	16	30%	5,0	16	31%	2,7	16	17%	8,0	16	50%
Santarém	12,4	32	39%	12,6	32	39%	16,0	32	50%	17,8	32	56%
Braga	5,9	18	33%	6,1	18	34%	3,7	18	21%	9,3	18	52%
Viseu	4,8	16	30%	5,0	16	31%	2,9	16	18%	8,1	16	51%
Coimbra	9,6	26	37%	9,8	26	38%	11,5	26	44%	14,6	26	56%
Guarda	5,8	18	32%	6,0	18	33%	3,9	18	22%	9,3	18	52%
V.ª do Castelo	4,9	16	30%	5,1	16	32%	3,0	16	19%	8,2	16	51%
Distritos	FE1			FE2			FE3			NF1		
	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Nvc	Nv	Nvc/Nv
Faro	17,3	32	54%	17,8	32	56%	19,3	32	60%	13,1	32	41%
Portalegre	17,5	32	55%	18,0	32	56%	20,3	32	63%	13,2	32	41%
Lisboa	11,9	16	74%	12,4	16	77%	13,7	16	86%	5,0	16	31%
Santarém	17,1	32	53%	17,6	32	55%	18,9	32	59%	12,8	32	40%
Braga	8,8	18	49%	9,1	18	51%	10,2	18	57%	6,3	18	35%
Viseu	12,0	16	75%	12,6	16	79%	13,4	16	84%	5,0	16	31%
Coimbra	13,8	26	53%	14,3	26	55%	15,2	26	59%	9,9	26	38%
Guarda	8,8	18	49%	9,1	18	50%	10,1	18	56%	6,2	18	35%
V.ª do Castelo	12,2	16	76%	12,8	16	80%	13,5	16	85%	5,0	16	32%

Quadro 5 – Valores correspondentes à Figura 2.5

Distritos	PT2			PT3			PP1			PP2			NF2		
	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Nvc	Nv	Nvc/Nv
Faro	11,5	32	36%	15,4	32	48%	20,4	32	64%	22,2	32	69%	17,0	32	53%
Portalegre	11,8	32	37%	15,8	32	49%	20,8	32	65%	22,4	32	70%	17,3	32	54%
Lisboa	1,2	16	8%	1,7	16	10%	2,7	16	17%	3,7	16	23%	2,0	16	13%
Santarém	11,3	32	35%	14,9	32	47%	19,5	32	61%	21,0	32	66%	16,5	32	52%
Braga	1,4	18	8%	1,9	18	11%	2,2	18	12%	4,2	18	23%	2,3	18	13%
Viseu	1,2	16	8%	1,6	16	10%	2,6	16	17%	3,5	16	22%	2,0	16	13%
Coimbra	6,8	26	26%	9,0	26	35%	10,3	26	40%	14,1	26	54%	10,0	26	38%
Guarda	1,4	18	8%	1,9	18	11%	2,1	18	12%	4,0	18	22%	2,2	18	12%
V.ª do Castelo	1,3	16	8%	1,7	16	11%	2,5	16	16%	3,4	16	21%	2,0	16	12%

Quadro 6 – Valores correspondentes à Figura 2.6

Distritos	PT2			PT3			PP1			PP2			NF2		
	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Nvc	Nv	Nvc/Nv
Faro	15,8	32	50%	20,6	32	64%	26,4	32	83%	25,2	32	79%	22,5	32	70%
Portalegre	15,9	32	50%	20,7	32	65%	26,5	32	83%	25,2	32	79%	22,6	32	71%
Lisboa	2,1	16	13%	2,8	16	18%	4,4	16	27%	4,7	16	29%	3,4	16	21%
Santarém	15,3	32	48%	19,7	32	62%	25,2	32	79%	23,8	32	74%	21,7	32	68%
Braga	2,9	18	16%	3,7	18	21%	4,7	18	26%	8,0	18	45%	4,7	18	26%
Viseu	2,2	16	14%	2,8	16	17%	4,4	16	27%	4,5	16	28%	3,5	16	22%
Coimbra	10,3	26	40%	13,2	26	51%	15,2	26	58%	16,7	26	64%	14,6	26	56%
Guarda	3,0	18	17%	3,8	18	21%	4,7	18	26%	7,7	18	43%	4,5	18	25%
V.ª do Castelo	2,4	16	15%	3,0	16	19%	4,3	16	27%	4,4	16	27%	3,4	16	21%

Quadro 7 – Valores correspondentes à Figura 2.7

Distritos	PT2			PT3			PP1			PP2			NF2		
	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Nvc	Nv	Nvc/Nv	Nvc	Nv	Nvc/Nv
Faro	17,5	32	55%	22,7	32	71%	28,4	32	89%	26,7	32	84%	24,4	32	76%
Portalegre	17,5	32	55%	22,8	32	71%	28,5	32	89%	26,8	32	84%	24,5	32	77%
Lisboa	6,7	16	42%	8,8	16	55%	11,5	16	72%	11,2	16	70%	9,6	16	60%
Santarém	16,8	32	53%	21,7	32	68%	27,1	32	85%	25,4	32	79%	23,5	32	73%
Braga	7,8	18	43%	9,9	18	55%	12,4	18	69%	15,2	18	84%	11,3	18	63%
Viseu	6,7	16	42%	8,5	16	53%	11,3	16	70%	10,8	16	68%	9,6	16	60%
Coimbra	13,1	26	51%	16,8	26	65%	19,8	26	76%	20,0	26	77%	18,2	26	70%
Guarda	7,7	18	43%	9,8	18	54%	12,1	18	67%	14,6	18	81%	10,9	18	60%
V.ª do Castelo	6,7	16	42%	8,6	16	54%	11,0	16	69%	10,5	16	65%	9,3	16	58%